

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА ВОДЯНОГО  
НАСОСА»

Дипломный проект  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 570

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ  
«ВТУЛКА ВОДЯНОГО НАСОСА»**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 570

Исполнитель  
студент гр. ЗТО-404С

А. А. Вежлев

Руководитель  
доцент, к.п.н.

Д. Г. Мирошин

Екатеринбург 2017

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 139 листов печатного текста, 21 иллюстрацию, 28 слайдов, 38 таблиц, 32 использованных источника, 4 приложения.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ТОКАРНЫЙ ЦЕНТР С ЧПУ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА СТАНКЕ С ЧПУ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА.

Совершенствование технологического процесса механической обработки в условиях среднесерийного производства достигнуто за счёт применения современного токарного центра с ЧПУ.

Выбраны элементы режима резания для всех операций, выполняемых на ОЦ с ЧПУ и нормы времени на изготовление одной детали.

Составлена управляющая программа.

Приведено экономическое обоснование использования токарного центра с ЧПУ.

Разработан урок повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

|           |          |   |       |      |  |   |      |       |
|-----------|----------|---|-------|------|--|---|------|-------|
|           |          |   |       |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ   |   |      |       |
| Из        | Лис      | № | Подп. | Дата | Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Втулка водяного насоса» | Лит.                                    | Лист | Листо |
| Разраб.   | Вежлев   |   |       |      |  |   | 2    | 139   |
| Пров.     | Мирошин  |   |       |      |  |   |      |       |
| Н. Контр. | Суриков  |   |       |      |  | ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО<br>Группа ЗТО-404С |      |       |
| Зав. каф. | Бородина |   |       |      |  |   |      |       |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА.....  | 5  |
| 1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....  | 7  |
| 1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....  | 7  |
| 1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....   | 9  |
| 1.3. Анализ заводского технологического процесса изготовления детали.....   | 12 |
| 2. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ И МЕТОДА ЕЁ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.....  | 17 |
| 2.1. Определение типа производства.....   | 17 |
| 2.2. Выбор заготовки и методов её получения .....   | 19 |
| 2.3. Расчет припусков.....  | 20 |
| 2.3.1. Расчёт припусков на отверстие $\varnothing 73H7$ .....   | 20 |
| 2.3.2. Табличный метод расчета припусков.....   | 25 |
| 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА<br>МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА ВОДЯНОГО<br>НАСОСА» ТОКАРНОМ ЦЕНТРЕ С ЧПУ САТ400С10Ф4..... | 27 |
| 3.1. Выбор технологических баз.....   | 27 |
| 3.2. Выбор методов обработки поверхностей.....  | 28 |
| 3.3. Разработка технологического маршрута обработки детали.....   | 30 |
| 3.4. Выбор средств технологического оснащения.....  | 31 |
| 3.5. Выбор режущего инструмента и режимов резания.....  | 35 |
| 3.6. Расчет технических норм времен.....  | 42 |
| 3.7. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали.....  | 48 |
| 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....   | 55 |
| 4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....   | 55 |
| 4.2. Расчёт капитальных затрат.....   | 55 |
| 4.3. Расчет технологической себестоимости детали .....  | 59 |

|   |     |
|---|-----|
| 5. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....   | 77  |
| 5.1. Вводная часть.....   | 77  |
| 5.2. Описание условий обучения в "Региональном межотраслевом центре<br>дополнительного профессионального образования" на базе ПАО "МЗиК"...   | 79  |
| 5.3. Анализ профессионального стандарта.....  | 82  |
| 5.4. Анализ учебного плана повышения квалификации Операторов-<br>наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ.....   | 88  |
| 5.5. Анализ содержания темы «Классификация станков с ЧПУ, их<br>устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы» и<br>перспективно-тематическое планирование учебного процесса..... | 94  |
| 5.6. Разработка плана учебного занятия по теме «Конструктивные<br>особенности и узлы токарных станков с программным управлением» .....  | 103 |
| 5.7. Разработка методического обеспечения.....  | 113 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 119 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....   | 121 |
| Приложение А Лист задания на проектирование.....  | 125 |
| Приложение Б Перечень листов графических документов.....  | 126 |
| Приложение В Комплект слайдов к методическому разделу.....  | 127 |
| Приложение Г Комплект документов технологического процесса<br>механической обработки.....   | 134 |

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вектор развития мировой экономики направлен в сторону формирования «шестого технологического уклада», который основывается на био- и нанотехнологиях, мехатронике и робототехнике, технологиях виртуальной реальности, плазмонике и нанофотонике, 3D-принтерных технологиях и технологиях геномной инженерии. Академик РАН Е. Н. Каблов еще в 2010 г. отмечал, что шестой технологический уклад будет оформляться в течение 2010 - 2020 годов, а в фазу зрелости вступит в 2040-е годы, причем в 2020 - 2025 годах произойдет новая технологическая революция, основой которой станут разработки, синтезирующие достижения указанных базовых направлений [6].

В настоящее время в России господствуют пятый и четвертый и третий технологический уклады, причем технологии пятого уклада, основанного на достижениях атомной энергетики, составляют всего 10 %, более 50 % технологий относится к технологиям четвертого уклада, базирующегося на углеводородной и отчасти ядерной энергетике, и почти треть – к технологиям третьего уклада, в основе которого лежат технологии преобразования электрической энергии [12].

Экономике России жизненно необходимо сделать качественный скачок в направлении шестого технологического уклада, фактически, перескочить через пятый технологический уклад, в ином случае Россия может потерять свою независимость. Указанные условия и определяют направления современной индустриализации в России.

Использование станков с ПУ дает возможность улучшить точность механической обработки, повысить производительность труда на каждом виде деятельности, минимизировать издержки по производству продукции, создать безопасные условия труда, организовать систему многостаночного обслуживания, использовать обоснованные с точки зрения технологий нормы

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 5    |

времени и снизить участие человека в процессе работы.

Целью дипломного проекта является совершенствование технологического процесса изготовления детали «Втулка водяного насоса» с использованием современного режущего инструмента и оборудования с ЧПУ (обрабатывающий центр).

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- анализ заводского технологического процесса;
- совершенствование технологического процесса;
- разработка операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

В усовершенствованном технологическом процессе предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный высокопроизводительный инструмент, что обеспечит высокое качество обработки изготавливаемой детали.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 6    |

## 1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

К основным источникам исходных данных относятся: рабочий чертёж детали «Втулка водяного насоса», заводской технологический процесс механической обработки детали.

Для разработки технологического процесса необходимы данные имеющиеся в справочниках и нормативах машиностроения, тип производства – предположительно среднесерийный.

### 1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Втулка водяного насоса» – относится к телам вращения типа фланец.

Деталь «Втулка водяного насоса» предназначена для установки в водяной насос высокого давления.

В отверстие  $\varnothing 73H7$  устанавливается подшипника качения с валом и конической шестерней. Отверстия  $\varnothing 10,5$  предназначены для крепления втулки к корпусу насоса. Два отверстия  $M12 \times 1,5-7H$  предназначены для установки отжимных болтов. Отверстие  $\varnothing 9,5$  предназначено для ориентации втулки относительно корпуса насоса. Канавки на поверхности  $\varnothing 165f9$  предназначены для установки уплотнений. Резьбовое отверстие  $M76 \times 2$  и резьбовая поверхность  $M85 \times 2$  предназначены для фиксации вала с конической шестерней в осевом направлении.

Деталь «Втулка водяного насоса» изготавливается из улучшенной конструкционной стали марки 45 ГОСТ 1050-88.

Данная сталь широко распространена в машиностроении для изготовления валов-шестерён, коленчатых и распределительных валов, шестерён, шпинделей, бандажей, цилиндров, кулачков и других нормализованных, улучшаемых и подвергаемые поверхностной термообработке деталей, от которых требуется повышенная прочность.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 7    |



На рисунке 1 представлена 3D модель детали «Втулка водяного насоса».

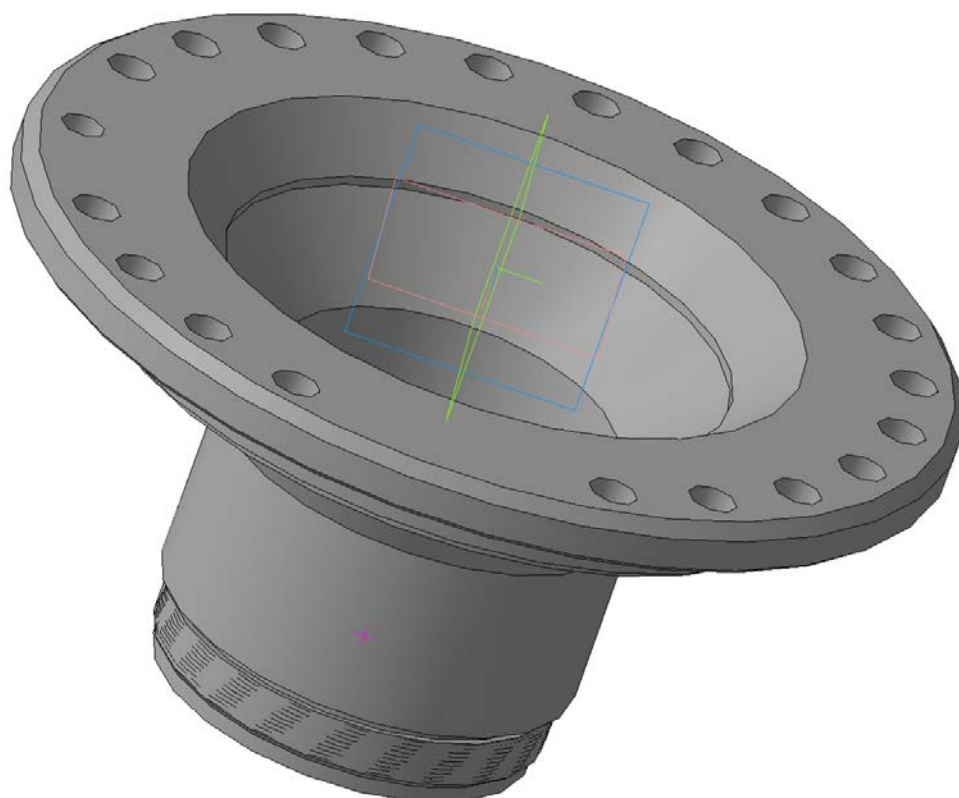


Рисунок 1 – 3D модель детали «Втулка водяного насоса»

В таблице 1 приведен химический состав данной стали, а в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 - Химический состав стали 45, % (ГОСТ 1050 – 88) [17]

| C         | Si        | Mn      | S        | P        | Ni   | Cr   |
|-----------|-----------|---------|----------|----------|------|------|
|           |           |         | не более | не более |      |      |
| 0,45-0,50 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | 0,04     | 0,035    | 0,25 | 0,25 |

Таблица 2 - Механические свойства стали 45 (ГОСТ 1050 – 88) [17]

| $\sigma_T$ ,<br>МПа | $\sigma_{вр}$ ,<br>МПа | $\sigma_5$ ,<br>% | $\Psi$ ,<br>% | $\alpha$ ,<br>Дж/см <sup>2</sup> |
|---------------------|------------------------|-------------------|---------------|----------------------------------|
| 245                 | 470                    | 16                | 40            | 50                               |

Технологические свойства стали 45:

- температураковки К начала 1523, конца 1073, сечения до 350мм охлаждаются на воздухе;
- свариваемость – трудносвариваемая;
- склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Данная сталь оптимально подходит для изготовления детали «Втулка водяного насоса».

## 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия производится с целью повышения производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства.

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный [8].

### *Качественная оценка технологичности детали*

Достоинства:

- предусмотрена удобная и надёжная технологическая база в процессе механической обработки;
- отверстия, возможно, обрабатывать за проход;
- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- конфигурация детали и её материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объём механической обработки;
- при конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства;
- для снижения объёма механической обработки предусмотрены допуски только точных поверхностей;
- деталь допускает обработку поверхностей на проход;

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 9    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

- предусмотрена возможность удобного подвода жёсткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;

Недостатки:

- перепад между ступенями превышает 30%.

При качественной оценке положительных характеристик больше чем отрицательных, поэтому можно считать, что конструкция детали технологична.

### *Количественная оценка технологичности детали*

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведём в таблицы 3 и 4, в которых  $T_i$  – квалитеты,  $Ш_i$  – значение параметра шероховатости,  $n_i$  – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

Определим коэффициент точности по [2, с. 229], а результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

| $T_i$ | $n_i$ | $T_i \cdot n_i$ | $T_i$ | $n_i$ | $T_i \cdot n_i$ |
|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|
| 6     | 1     | 6               | 12    | 4     | 48              |
| 7     | 4     | 28              | 13    | 1     | 13              |
| 9     | 3     | 27              | 14    | 31    | 434             |

$$\Sigma n_i = 44; \quad \Sigma T_i \cdot n_i = 556$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{556}{44} = 12,64$$

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,64} = 0,921$$

Чем выше показатель  $K_{Tч}$ , тем более технологична деталь. Так как

$K_{\text{тч}}=0,921 > K_{\text{т}}^{\text{норм}}=0,85$ , как видно из расчетов коэффициента точности больше 0,85, следовательно данная деталь технологична и обеспечение точности обрабатываемых поверхностей не представляет сложностей.

Определение коэффициента шероховатости по [2, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

| $Ш_i$ | $n_i$ | $Ш_i \cdot n_i$ | $Ш_i$ | $n_i$ | $Ш_i \cdot n_i$ |
|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|
| 2,5   | 1     | 2,5             | 6,3   | 18    | 113,4           |
| 3,2   | 10    | 32              |       |       |                 |

$$\Sigma n_i = 29;$$

$$\Sigma Ш_i \cdot n_i = 147,9$$

$$Ш_{cp} = \frac{\Sigma Ш_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{147,9}{29} = 5,1$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5,10} = 0,2$$

Чем больше  $K_{ш}$ , тем сложнее изготовление детали, т. к.  $K_{ш}=0,2 < 0,32$ , то по деталь по данному показателю технологична. Обеспечение шероховатости поверхностей не представляет трудности.

Коэффициент использования материала [6, с. 29]:

$$K_M = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{4,57}{29,74} = 0,154$$

Следовательно по коэффициенту точности  $K_{\text{тч}}=0,921$ , коэффициенту шероховатости  $K_{ш}=0,2$ , деталь является технологичной.

Низкий коэффициент использования материала говорит о том, что базовый вариант получения заготовки верен (прокат) не оптимален, его следует заменить на другой вид заготовки соответствующий серийному производству, например - штамповка.

Исходя из служебного назначения, анализа рабочего чертежа можно сформулировать основные технологические задачи детали «Втулка водяного насоса»:

- обеспечить качество: отверстия  $\varnothing 73$  по Ra2,5мкм; левый торец, отверстие  $\varnothing 195$ , канавку  $\varnothing 158,8$ , отверстия M12x1,5-7H, отверстие M76x2-7H, поверхность M85x2-6e по Ra3,2мкм; остальные поверхности по Ra 12,5мкм;
- обеспечить точность: поверхность M85x2 по качеству 6e; отверстие  $\varnothing 73$  по 7-му качеству; отверстия M12x1,5 и M76x2 по качеству 7H; поверхность  $\varnothing 158,8$  поверхность  $\varnothing 165$  по 9-му качеству; проточка глубиной 3мм, канавка шириной 5,2мм, поверхности  $\varnothing 204$  и  $\varnothing 82$  по 12-му качеству, толщина фланца 8мм по 13-му качеству; остальные поверхности и размеры по 14-му качеству;
- обеспечить допуск полного биения отверстия  $\varnothing 73H7$  относительно баз E и Д в пределах 0,03мм;
- обеспечить допуск полного биения поверхности  $\varnothing 195H9$  относительно баз E и Д в пределах 0,03мм;
- обеспечить параллельность левого торца относительно базы Д в пределах 0,05мм;
- обеспечить покрытие всех поверхностей: Хим. Окс. Фос. Хр.

### 1.3. Анализ заводского технологического процесса изготовления детали

#### *Анализ методов обработки поверхностей.*

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от качества поверхности и точности. На рисунке 3 укажем обрабатываемые поверхности и проанализируем методы их обработки. Точность обработки, которую можно обеспечить при неограниченных затратах труда и времени рабочим высокой квалификации на станке называется достижимой точностью обработки. Экономическая точность обработки каким-либо способом характеризуется тем, что затраты при применении этого способа не превышают затрат при применении другого, пригодного для обработки той же поверхности.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 12   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Проанализируем МОП с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 5 [9].

В большинстве своем методы обработки в базовой технологии верны.

#### *Анализ выбора технологических баз*

По технологическим картам выявим технологические черновые и чистовые базы в станочных операциях [9], а результаты занесем в таблицу 6.

Базы на операциях выбраны, верно, соблюдается правило базирования: принцип постоянства и совмещения баз (рис. 2).

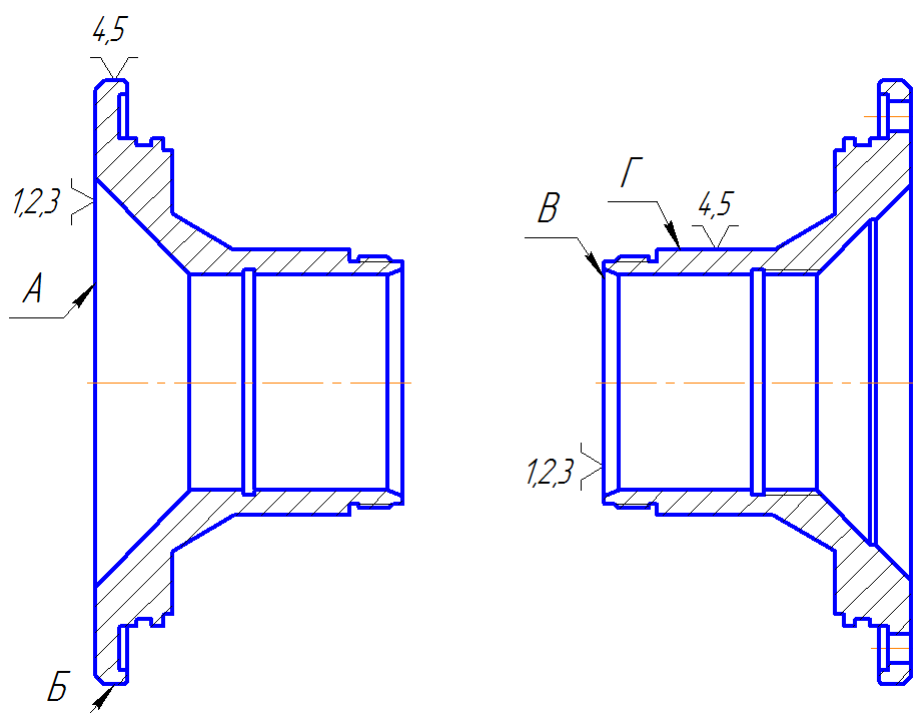


Рисунок 2 – Базы в заводском технологическом процессе

#### *Анализ маршрута обработки*

При изучении маршрута обработки установлено, что обработка технологических баз ведется параллельно с обработкой исполнительных поверхностей, маршрут обработки составлен оптимально и оформлен по всем нормам ЕСКД [9].

Таблица 5 - Сравнение МОП экономической точности

| № поверхности | Вид поверхности            | Квалитет | Шероховатость | МОП в М.К.                             | МОП экономической точности |               | Примечание    |
|---------------|----------------------------|----------|---------------|--|----------------------------|---------------|---------------|
|               |                            |          |               |  | Квалитет                   | Шероховатость |               |
| 1, 4          | Отверстие                  | 14       | 6,3           | Сверление                              | 12...14                    | 6,3...12,5    | Соответствует |
| 2             | Отверстие                  | 14       | 6,3           | Растачивание                           | 12...14                    | 6,3...12,5    | Соответствует |
| 3             | Отверстие                  | 7Н       | 3,2           | Растачивание, нарезание резьбы         | 7Н...8Н                    | 3,2...6,3     | Соответствует |
| 5             | Торец                      | 14       | 6,3           | Точение однократное                    | 12...14                    | 6,3...12,5    | Соответствует |
| 6, 8, 10      | Цилиндрическая поверхность | 12       | 6,3           | Точение однократное                    | 12...14                    | 6,3...12,5    | Соответствует |
| 7             | Резьбовая поверхность      | 6е       | 3,2           | Точение однократное, нарезание резьбу  | 6е...8е                    | 3,2...6,3     | Соответствует |
| 9, 11, 14     | Цилиндрическая поверхность | 9        | 3,2           | Точение черновое и чистовое            | 9...10                     | 3,2...6,3     | Соответствует |
| 12            | Цилиндрическая поверхность | 14       | 6,3           | Точение однократное                    | 12...14                    | 6,3...12,5    | Соответствует |
| 13            | Отверстие                  | 7        | 2,5           | Точение черновое, чистовое, шлифование | 6...7                      | 2,5...3,2     | Соответствует |
| 15, 19        | Канавка                    | 12       | 3,2           | Точение черновое, чистовое             | 12...14                    | 3,2...6,3     | Соответствует |
| 16, 17, 18    | Канавка                    | 14       | 6,3           | Точение однократное                    | 12...14                    | 6,3...12,5    | Соответствует |
| 20            | Отверстие                  | 7Н       | 3,2           | Сверление, нарезание резьбы            | 7Н...8Н                    | 3,2...6,3     | Соответствует |

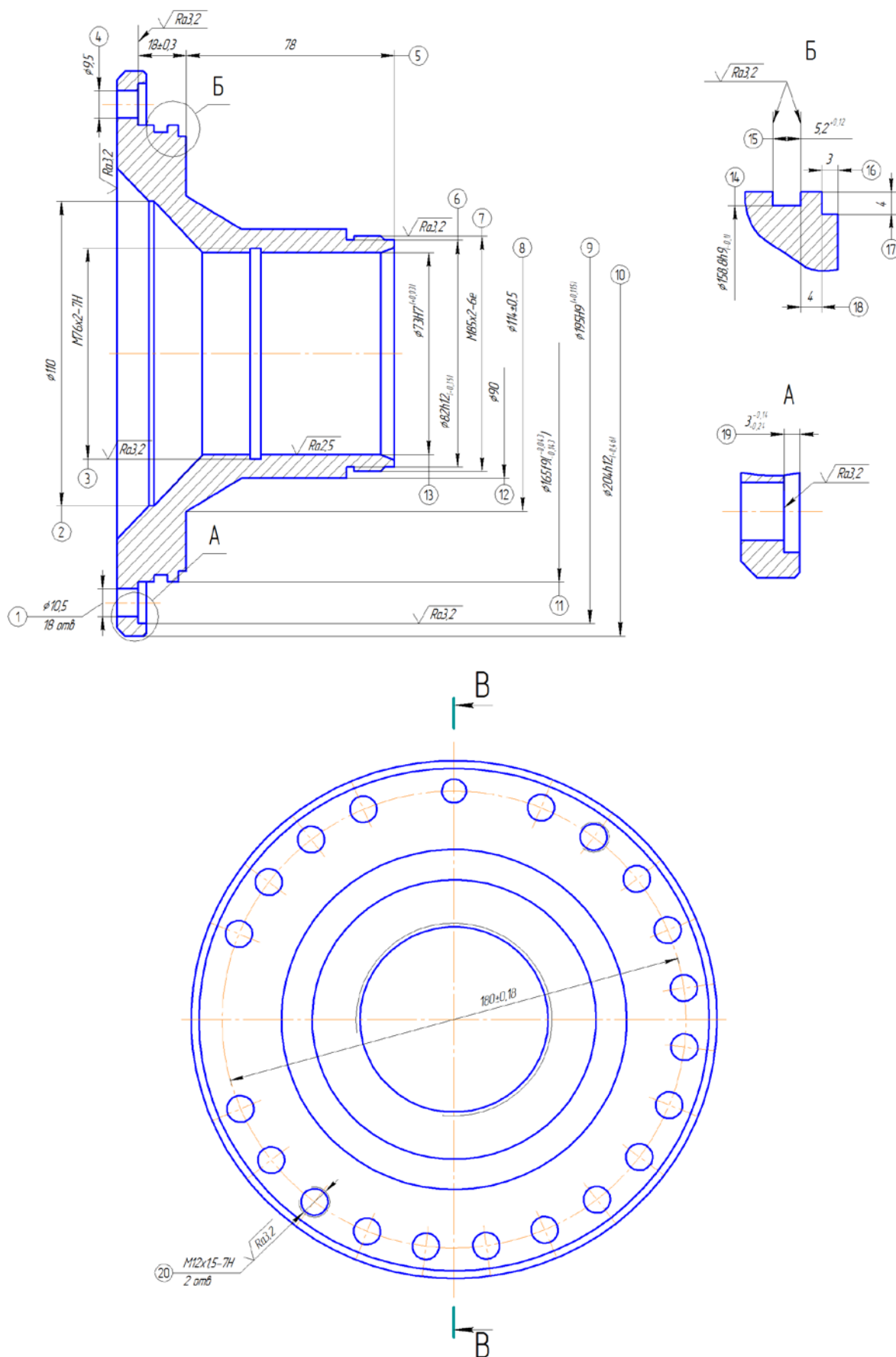


Рисунок 3 – Эскиз детали «Втулка водяного насоса»

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 15   |



Таблица 6 - Технологические базы в станочных операциях базовой технологии

| № операции | Наименование и содержание операции   | Технологические базы                        |                                  |
|------------|--|---|----------------------------------|
|            |  | Черновые                                    | Чистовые                         |
| 005        | Токарно-винторезная<br>Точить торец 5, точить поверхности 6, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, расточить отв. 13, нарезать резьбу 7, точить фаски. | Наружная<br>поверхность 10 и<br>левый торец |                                  |
| 010        | Токарно-винторезная<br>Точить левый торец, точить поверхности 2, 3, 10, нарезать резьбу 3, точить фаску и канавку.                                 |   | Правый торец и<br>поверхность 11 |
| 015        | Внутришлифовальная<br>Шлифовать отверстие 13   |   | Левый торец и<br>поверхность 10  |
| 020        | Радиально-сверлильная<br>Сверлить отверстия 1, 4, 20.<br>Нарезать резьбу в отв. 20.  |   | Торец 5 и<br>отверстие 13        |

Выводы: технологический процесс обеспечивает точность линейных и диаметральных размеров, качество поверхностей и технических требований предъявляемых к детали. Тип производства по базовому технологическому процессу - серийный.

Совершенствование базового технологического процесса заключается переходом обработки детали на обрабатывающем центре с ЧПУ, создать безопасные условия труда, снизить участие человека в процессе работы, уменьшение времени обработки детали, организовать систему

многостаночного обслуживания, отверстие будет обрабатываться современным режущим инструментом (внутришлифовальная операция будет отсутствовать), увеличение производительности, замена варианта заготовки с проката на штамповку, позволяет производить множество операций на одном станке, следовательно, уменьшится количество станков.

## 2. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ И МЕТОДА ЕЁ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

### 2.1. Определение типа производства

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций ( $K_{30}$ ) [8, с. 33]:

Тип производства  $K_{30}$

Массовое.....1

Серийное:

крупносерийное.....св. 1 до 10

среднесерийное.....св. 10 до 20

мелкосерийное.....св. 20 до 40

Единичное..... св. 40

Таблица 7 - Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

| Масса<br>детали<br>кг. | Тип производства |               |                |                     |          |
|------------------------|------------------|---------------|----------------|---------------------|----------|
|                        | единичное        | мелкосерийное | среднесерийное | крупносерий-<br>ное | массовое |
| < 1,0                  | <10              | 10-2000       | 1500-100 000   | 75 000-200 000      | 200000   |
| 1,0-2,5                | <10              | 10-1000       | 1000- 50 000   | 50 000-100 000      | 100000   |
| 2,5-5,0                | <10              | 10- 500       | 500- 35000     | 35 000- 75 000      | 75000    |
| 5,0-10                 | <10              | 10- 300       | 300- 25000     | 25 000- 50 000      | 50000    |
| >10                    | <10              | 10- 200       | 200- 10000     | 10000- 25000        | 25000    |

При массе детали  $m_{\text{дет}}=4,57$  кг и годовой программе выпуска  $N=1750$  шт., примем тип производства - среднесерийное.

Определим тип производства по коэффициенту закрепления операций  $K_{\text{зо}}$ .

Коэффициентом закрепления операций  $K_{\text{зо}}$  определяемого по формуле [8, с. 33]:

$$K_{\text{з.о.}} = \sum O / \sum P,$$

где  $\sum O$  - суммарное число различных операций, закреплённых за каждым рабочим местом;

$\sum P$  – суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Годовая программа выпуска  $N=1750$  шт.

Располагая данными о штучном времени, определим количество станков по [8, с. 33]:

$$m_p = N \cdot T_{\text{шт}} / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{з.н.}}),$$

где  $F_d=3946$  ч. – годовой фонд времени при 2-х сменной работе оборудования;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,85$  – нормативный коэффициент загрузки;

Установим число рабочих мест  $P$  округляя в большую сторону  $m_p$

Определим фактический коэффициент загрузки  $\eta_{\text{з.ф}}$  по [8, с. 33]:

$$\eta_{\text{з.ф.}} = m_p / P.$$

Количество операций по формуле [8, с. 33]:

$$O = \eta_{\text{з.н.}} / \eta_{\text{з.ф.}}$$

Рассчитаем  $K_{\text{зо}}$  для усовершенствованного варианта тех. процесса:

$$m_p = 1750 \cdot 44,15 / (60 \cdot 3946 \cdot 0,85) = 0,38; \text{приму } P=1;$$

$$\eta_{\text{з.ф.}} = 0,38 / 1 = 0,38; O = 0,75 / 0,38 = 1,97, \text{примем } O=2.$$

Тогда:

$$K_{\text{з.о.}} = 2 / 1 = 2, \text{ что соответствует крупносерийному типу производств.}$$

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от объема выпуска изделий серийное производство делится на: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с ЧПУ. Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, повышается производительность, и время изготовления детали уменьшаются. Оборудование располагается по ходу технологического процесса. В серийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированный.

Квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

где  $a$  – периодичность поступления заготовок,  $a=3$  дня [8, с. 33].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1750 \cdot 3}{254} = 20_{шт}$$

## 2.2. Выбор заготовки и методов её получения

Исходные данные:

- масса детали 4,57 кг;
- габариты детали:  $\varnothing 204 \times 104$  мм;
- материал – сталь 45 ГОСТ 1050-88 ( $\sigma_{вр} = 470 \text{ МПа}$ );
- годовое число деталей 1750 шт.

Учитывая заданный материал – сталь 45, требуемой точностью изготовления заготовки - для данной детали «Втулка водяного насоса» мы выбираем способ получения заготовки – на кривошипном горячештамповочном прессе, открытая штамповка.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 19   |

Данный способ получения заготовок соответствует серийному типу производства, дает высокую производительность труда, отвечает нормам безопасности.

*Определим исходный индекс заготовки*

Определим массу детали по формуле [8, с. 48]:

$$m_d = V_{\text{общ}} \cdot \rho,$$

где  $V_{\text{общ}}$  – общий объём детали, мм<sup>3</sup>  $V_i = \frac{\pi \cdot d_i^3}{4} \cdot l_i$ ;

$\rho$  – удельный вес материала, для стали 45  $\rho=0,00781\text{г/мм}^3$ .

Тогда:

$$\begin{aligned} V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 - V_6 - V_7 - V_8 - V_9 - 21 \cdot V_{10} = & \frac{3,14 \cdot 204^2}{4} \cdot 11 + \frac{3,14 \cdot 165^2}{4} \cdot 15 + \frac{3,14 \cdot 102^2}{4} \cdot 21 + \\ & + \frac{3,14 \cdot 90^2}{4} \cdot 39 + \frac{3,14 \cdot 88^2}{4} \cdot 18 - \frac{3,14 \cdot 122^2}{4} \cdot 14 - \frac{3,14 \cdot 92^2}{4} \cdot 18 - \frac{3,14 \cdot 73^2}{4} \cdot 72 - \frac{3,14 \cdot (195^2 - 165^2)}{4} \cdot 3 - \\ & - 21 \cdot \frac{3,14 \cdot 10,5^2}{4} \cdot 8 = 584503 \text{ мм}^3 \\ m_d = 584503 \cdot 0,00781 = 4570 \text{ г} = 4,57 \text{ кг} \end{aligned}$$

Масса заготовки  $m_z = 6,25$  кг.

По содержанию углерода сталь 45 относится к группе сталей М2 [8, с. 48].

По соотношению объёма детали к объёму элементарной фигуры в которую вписывается деталь  $V_{\text{дет}}/V_{\text{заг}}=584503/3397530=0,172$  степень сложности С3 [8, с.47]. Класс точности поковки Т4 [8, с. 49].

При массе заготовки 6,25 кг исходный индекс равен 15 [8, с. 50 табл. 3].

## 2.3. Расчет припусков

### 2.3.1. Расчёт припусков на отверстие $\phi 73\text{Н}7$

Заготовка – штамповка на прессе.

Материал – сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Масса заготовки  $m_z=4,57$  кг.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 20   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Определим припуск на отверстие  $\varnothing 73H7^{(+0,030)}_{+0}$

Технологический маршрут обработки отверстия  $\varnothing 73H7^{(+0,030)}_{+0}$ .

- растачивание черновое;
- растачивание чистовое;
- растачивание тонкое.

Определим элементы припуска [2, с. 186 табл. 14 и с. 188 табл. 25] и занесем в таблицу 8.

Определим пространственные отклонения заготовки по [17, с. 67 табл. 4.7]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2},$$

где  $\rho_{см}$  - смещение поверхностей, примем 2,5мм;

$\rho_{кор}$  - коробление поверхностей, определим по формуле [2]:

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 45 = 0,023 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2,2^2 + 0,023^2} \approx 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм}$$

Остаточные пространственные отклонения [3, с. 37]:

- после чернового растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2200 = 110 \text{ мкм}$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ мкм}$$

Погрешность установки определим по [17, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 8.

Расчетный минимальный припуск определим по формуле и занесем в таблицу 8 [2]:

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 21   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Графу  $D_p$  заполняем, начиная с последнего (чертежного) размера путем последовательного прибавления расчетного минимального припуска каждого перехода.

Графу  $D_{min}$  получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска перехода.

Графу  $D_{max}$  определим путем сложения допусков к минимальным размерам  $D_{min}$ .

Результаты занесем в таблицу 8.

Определим минимальные значения припусков по формуле [2]:

$$Z_{min}^{np} = D_{min\ i}^{np} - D_{min\ i-1}^{np}$$

Максимальные значения припусков определим по формуле [2]:

$$Z_{max}^{np} = D_{max}^{np} - D_{max\ i-1}^{np}$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 8.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{оном} = 2 \cdot Z_{оmin} + \frac{\delta_3}{2} - \delta_3 = 5,23 + \frac{3,2}{2} - 0,03 = 6,8 \text{ мм}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле [2]:

$$Z_{max\ i}^{np} - Z_{min\ i}^{np} = \delta_{i-1} - \delta_i$$

$$6,5 - 4,7 = 3,2 - 0,30 = 1,80 \text{ мм}$$

$$0,58 - 0,354 = 0,30 - 0,074 = 0,226 \text{ мм}$$

$$0,22 - 0,176 = 0,074 - 0,030 = 0,044 \text{ мм}$$

На рисунке 4 изобразим графическую схему припусков и допусков.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 22   |

Таблица 8 - Расчет припусков и допусков на отверстие  $\varnothing 73H7^{(+0,030)}_{+0}$

| Технологические<br>переходы обработки<br>отверстия<br>$\varnothing 73H7^{(+0,030)}_{+0}$ | Элементы припуска,<br>мкм |     |           | Расчетный<br>припуск<br>$2 \cdot Z_{\min}$ , мкм | Расчетный<br>размер $D_p$ ,<br>мм | Допуск<br>$\delta$ , мм | Предельный<br>размер, мм |                 | Предельные<br>значения<br>припуска, мм |                         |
|--|---------------------------|-----|-----------|--|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|--|-------------------------|
|  | $R_z$                     | $h$ | кавалитет |  |                                   |                         | $D_{\min}^{np}$          | $D_{\max}^{np}$ | $2 \cdot Z_{\min}^{np}$                | $2 \cdot Z_{\max}^{np}$ |
| Заготовка  | 125                       | 120 | 14        |  | 66,82                             | 3,20                    | 65,7                     | 67,8            |  |                         |
| Черновое<br>расточивание   | 63                        | 50  | 12        | 2·2700   | 72,22                             | 0,300                   | 72,20                    | 72,50           | 4,70                                   | 6,50                    |
| Чистовое<br>расточивание   | 32-<br>20                 | 25  | 10-11     | 2·280  | 72,78                             | 0,074                   | 72,780                   | 72,854          | 0,354                                  | 0,58                    |
| Тонкое<br>расточивание   | 6,3-<br>3,2               | 10  | 7-9       | 2·110  | 73,0                              | 0,030                   | 73,0                     | 73,030          | 0,176                                  | 0,22                    |

$$2 \cdot Z_{0\min} = 5,230 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 7,300 \text{ мм}$$



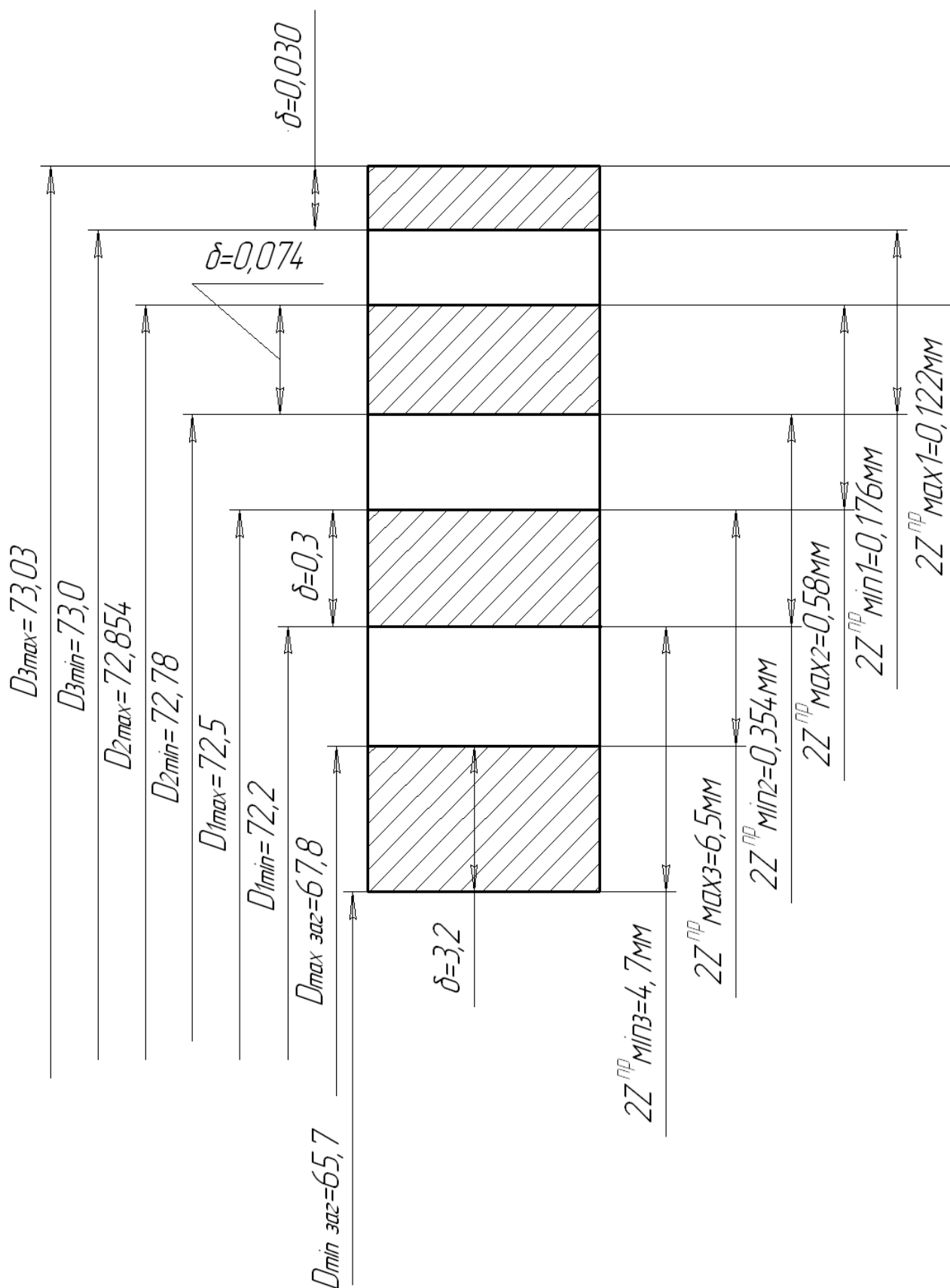


Рисунок 4 - Схема графического расположения припусков и допусков  
на обработку отверстия  $\text{Ø}73\text{H}7^{(+0,030/+0)}$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 24   |

### 2.3.2. Табличный метод расчета припусков

На остальные поверхности детали (см. рисунок 5) припуски назначим по [17, с. 184-189, табл. 27 и 28], а результаты занесем в таблицу 9.

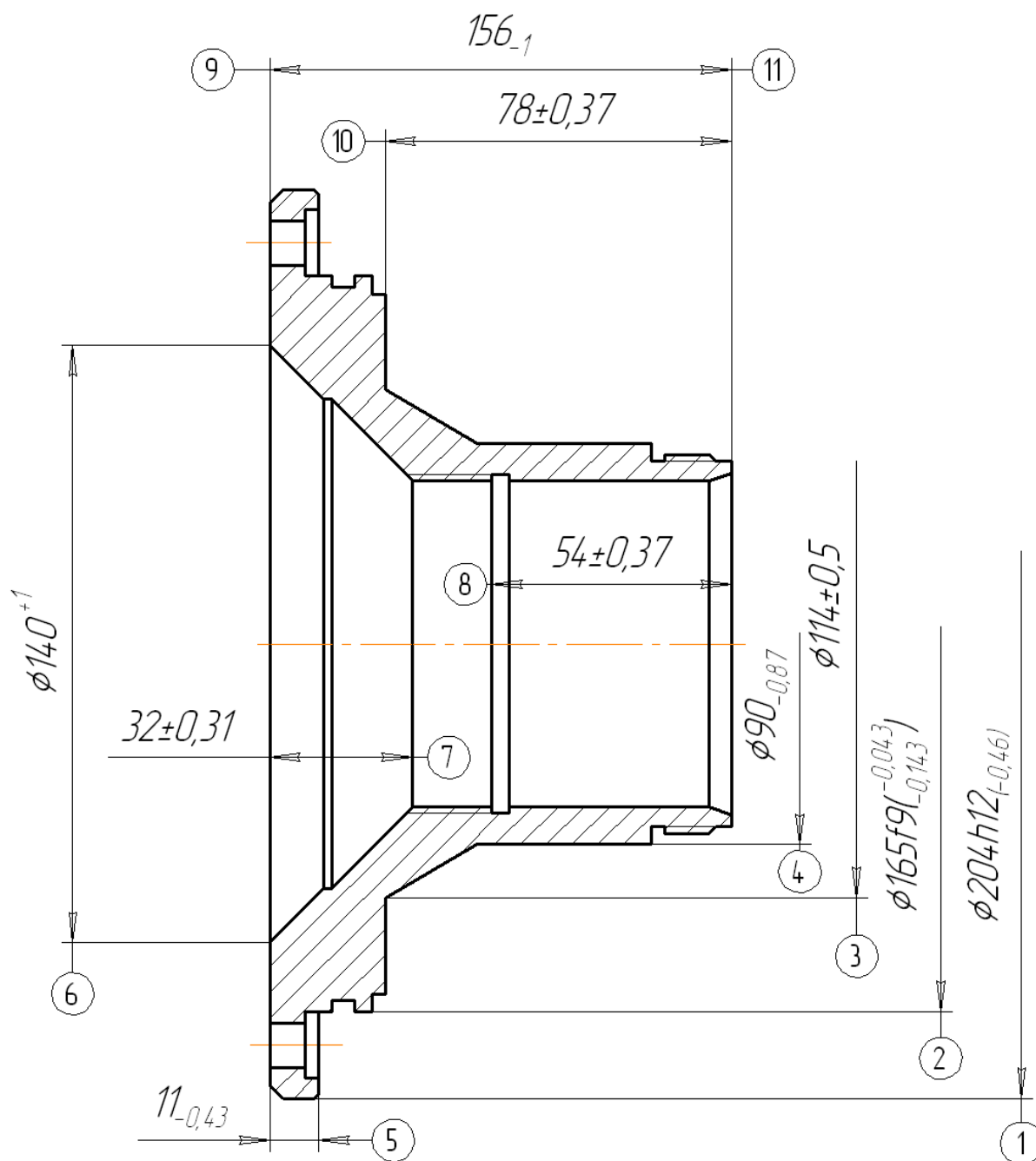


Рисунок 5 – Эскиз детали «Втулка водяного насоса»

Таблица 9 - Припуски и допуски на обработку поверхностей детали

| Технологические переходы | Поверхность | Припуск, мм | Размер, мм | Отклонения, мм |        |
|--------------------------|-------------|-------------|------------|----------------|--------|
|                          |             |             |            |                |        |
| Заготовка-штамповка      | 1           | 2·2,7       | 209,4      | +2,7           | -1,3   |
|                          | 2           | 2·2,7       | 170,4      | +2,7           | -1,3   |
|                          | 3           | 2·2,5       | 119,0      | +2,4           | -1,2   |
|                          | 4           | 2·2,3       | 94,6       | +2,1           | -1,1   |
|                          | 5           | 2,0         | 15,7       | +1,8           | -1,0   |
|                          | 6           | 2·2,5       | 135,0      | +1,3           | -2,7   |
|                          | 7           | 2,0         | 32,5       | +1,8           | -1,0   |
|                          | 8           | 2,0         | 54,5       | +2,1           | -1,1   |
|                          | 9           | 2,5         | 161,0      | +2,7           | -1,3   |
|                          | 10          | 2,3         | 82,8       | +2,1           | -1,1   |
|                          | 11          | 2,5         | 161,0      | +2,7           | -1,3   |
| Точение однократное      | 1           | 2·2,7       | 204        | +0             | -0,46  |
|                          | 2           | 2·2,7       | 165        | +0,043         | -0,143 |
|                          | 3           | 2·2,5       | 114        | +0,5           | -0,5   |
|                          | 4           | 2·2,3       | 90         | +0             | -0,87  |
|                          | 5           | 2,0         | 11         | +0             | -0,43  |
|                          | 6           | 2·2,5       | 140        | -1,0           | -0     |
|                          | 7           | 2,0         | 32         | +0,31          | -0,31  |
|                          | 8           | 2,0         | 54         | +0,37          | -0,37  |
|                          | 9           | 2,5         | 156        | +0             | -1     |
|                          | 10          | 2,3         | 78         | +0,37          | -0,37  |
|                          | 11          | 2,5         | 156        | +0             | -1     |

### 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА ВОДЯНОГО НАСОСА» НА ТОКАРНОМ ЦЕНТРЕ С ЧПУ CAT400C10Ф4

#### 3.1. Выбор технологических баз

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используются для определения положения изделия в процессе изготовления.

Выделяют основные и вспомогательные технологические базы, черновые и чистовые базы. К основным технологическим базам относят левый торец и отверстие  $\varnothing 73H7$ . К вспомогательным базам относят отверстие  $M76 \times 2-7H$  и 18-ть отверстий  $\varnothing 10,5$ .

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первой операции, когда отсутствуют обработанные поверхности.

В нашем случае черновой базой будет торец «А» и поверхность «Б». Торец «А» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), а поверхность «Б» – 2-х степеней свободы (двух перемещений). Таким образом, базирование не полное.

Схема чернового базирования показана на рисунке 6.

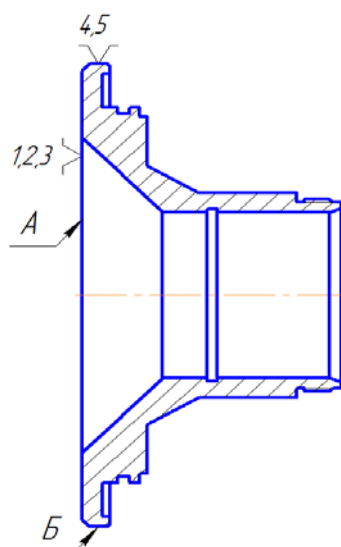


Рисунок 6 – Черновые базы технологического процесса

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. В нашем случае чистовыми базами является торец «В» и поверхность «Г».

Правый торец «В» – лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отверстие «Г» лишает деталь 2-х степеней свободы (двух перемещений). Таким образом, базирование не полное.

Чистовое базирование представлено на рисунке 7.

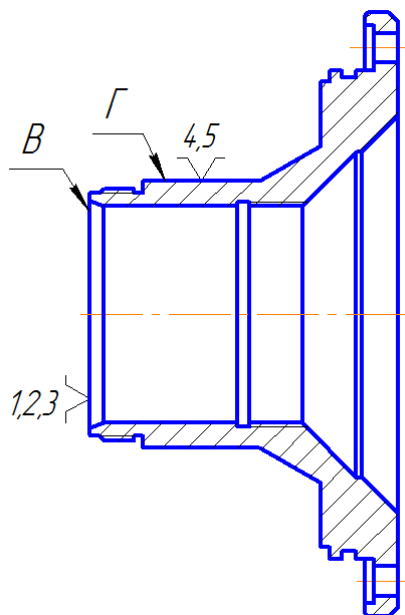


Рисунок 7 – Черновые базы технологического процесса

### 3.2. Выбор методов обработки поверхностей

На рисунке 8 обозначим обрабатываемые поверхности и назначим на них методы обработки.

Методы обработки будем выбирать по таблицам экономической точности [2, с. 150 табл. 3]:

- отверстия 1, 4: сверление;
- отверстие 2: растачивание однократное, нарезание резьбы;
- канавка 3: растачивание однократное;
- торец 5: точение однократное;
- поверхности 6, 8, 9, 10, 11, 12: точение однократное;

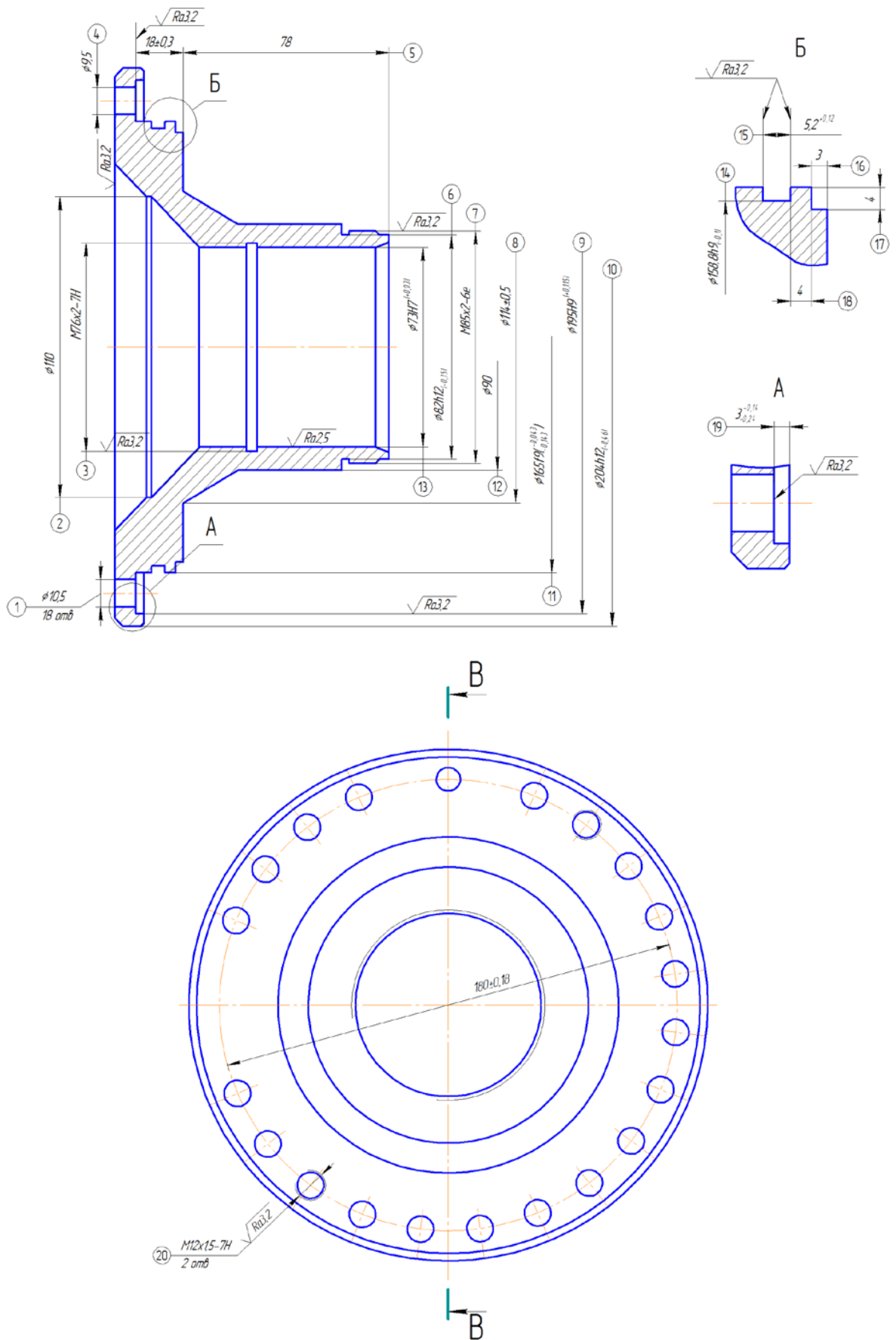


Рисунок 8 – Эскиз детали «Втулка водяного насоса»

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 29   |

- поверхность 7: точение и нарезание резьбы;
- отверстие 13: растачивание черновое, чистовое;
- отверстие 14, 15, 16, 17, 18, 19: точение однократное;
- отверстие 20: сверление, нарезание резьбы.

### 3.3. Разработка технологического маршрута обработки детали

Основными задачами обработки резанием является изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных конструкторами материалов при минимально возможных производственных затратах.

В зависимости от этих требований разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование и режущий инструмент.

Усовершенствованный технологический процесс: маршрут обработки детали, выбор оборудования показано в таблице 10.

Таблица 10 – Проектный вариант обработки детали «Втулка водяного насоса»

| № опер | Содержание операции – Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ  | Оборудование                  |
|--------|---|-------------------------------|
| 1      | 2   | 3                             |
| 005    | <u>Установ А (шпиндель).</u><br>Точить торец 5, поверхности 6, 7, 8, 9, 11, 12<br>точить канавки 3, 14, 15, 16, 17, 18, 19,<br>расточить отверстие 13, нарезать резьбу.   | Токарный центр<br>САТ400С10Ф4 |
| 005    | <u>Установ Б (противошпиндель).</u><br>Точить левый торец, точить поверхность 10,<br>точить фаски.<br>Расточить отверстие 2, нарезать резьбу 3,<br>сверлить отверстия 1 и 4. Сверлить и нарезать<br>резьбу в отверстиях 20. | Токарный центр<br>САТ400С10Ф4 |

Окончание таблицы 10

| 1   | 2        | 3                |
|-----|----------|------------------|
| 010 | Промывка | Машина моечная   |
| 015 | Контроль | Стол контрольный |

### 3.4. Выбор средств технологического оснащения

#### *Средства технологического оснащения*

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование; технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); приспособление, средства механизации и автоматизации технологических процессов [8, с. 77].

#### *Выбор оборудования*

Выбор типа станка сочетается с его возможностями обеспечить технические требования, формы и качества обрабатываемых поверхностей.

При выборе станка особое внимание следует обратить на использование обрабатывающих центров с ЧПУ, являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в машиностроении.

В дипломном проекте предлагается использовать токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4 (станкозавод САСТА, РФ).

Модель САТ400 является базовой для широкой гаммы станков.

Заказчик имеет возможность выбрать наиболее оптимальное для своего производства исполнение: от токарного станка с ЧПУ до обрабатывающего центра с двумя суппортами и противопинделем, с роботами для загрузки деталей, транспортной системой, специальные модификации для обработки труб, муфт и другие.

Класс точности станка - В (высокая точность).

Точностные параметры: не круглость обрабатываемых цилиндрических



поверхностей до 2 мкм.

Основные характеристики токарный центр с ЧПУ модели CAT400C10Ф4:

- компоновка станка обеспечивает удобный доступ к обрабатываемой детали и свободный сход стружки. В конструкции станка заложены проверенные технические решения, обеспечивающие высокую производительность, точность обработки и долговечность.

- жесткая конструкция станка, мощность главного привода и широкий диапазон скорости главного шпинделя обеспечивают использование всех преимуществ, предоставляемых современным режущим инструментом при обработке заготовок из различных материалов.

- станина выполнена из высококачественного чугуна с заполнением внутренних полостей спец. бетоном, для увеличения жесткости и виброустойчивости. Накладные направляющие изготовлены из легированной стали и закалены в «кипящем слое» до твердости более 58 HRC.

- угол наклона суппорта – 30° от вертикали. Направляющие плоскости каретки и ползушки покрыты специальным износостойким полимерным материалом, обеспечивающим низкий коэффициент трения и высокую долговечность направляющих.

- шпиндельная бабка выполнена по типу «шпиндель-блок», т.е. шпиндель установлен на опорах качения и не имеет блоков шестерен.

Передняя опора – 3 прецизионных радиально-упорных подшипника, расположенных в порядке «ТАНДЕМ-0», задняя опора – 2 радиально-упорных подшипника, смонтированных в порядке «0». Подшипники шпинделя заполнены консистентной смазкой и не требуют дополнительного ухода и смазки.

- передача вращения от электродвигателя главного движения на шпиндель передается посредством двухступенчатого редуктора и поликлиновой ременной передачи.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 32   |

- привод ушш (оси С) вращает гл. шпиндель через червячную передачу с передаточным отношением  $u=1:100$ . Зацепления и расцепления червяка с червячным колесом, установленным на шпинделе, производится по программе с помощью гидроцилиндра.

- задняя бабка имеет встроенный в пиноль вращающийся шпиндель.

Технические характеристики токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4 представлены в таблице 11 [29].

Таблица 11 - Характеристики токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Диаметр обработки детали над суппортом            | 380 мм                   |
| Длина обработки                                   | 600 мм                   |
| Скорость вращения основного шпинделя              | 0 - 4000 об/мин          |
| Скорость рабочих подач суппорта, по осям X/Z      | 1...6000/1...6000 мм/мин |
| Диаметр центрального отверстия основного шпинделя | 55 мм                    |
| Мощность главного привода                         | 22 кВт                   |
| Мощность привода вращающегося инструмента         | 3,7 кВт                  |
| Дискретность задания перемещения                  | 1 мкм                    |
| Скорость вращения протившпинделя                  | 0 - 4000 об/мин          |
| Диаметр центрального отверстия протившпинделя     | 55 мм                    |
| Скорость вращения инструмента                     | 5000 об/мин              |
| Тип хвостовика по DIN69880                        | 40                       |
| Перемещение по оси X                              | 280 мм                   |
| Перемещение по оси Z                              | 700 мм                   |
| Количество инструментов в револьверной головке    | 12                       |
| Наибольшее сечение державки резца, мм             | 25x25                    |
| Система ЧПУ                                       | Siemens Sinumeric        |
| Масса станка                                      | 6300 кг                  |
| Габаритные размеры станка, LxVxH                  | 3390 x 1890 x 1950 мм    |

На рисунке 9 показан токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4 [29].

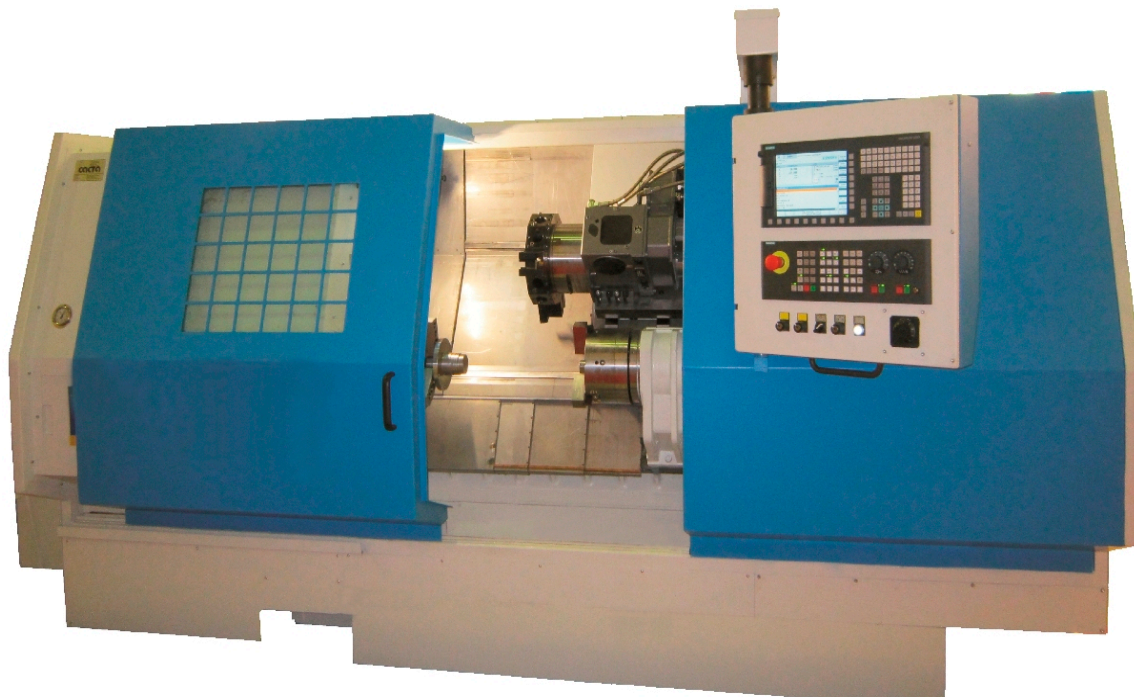


Рисунок 9 – Токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4

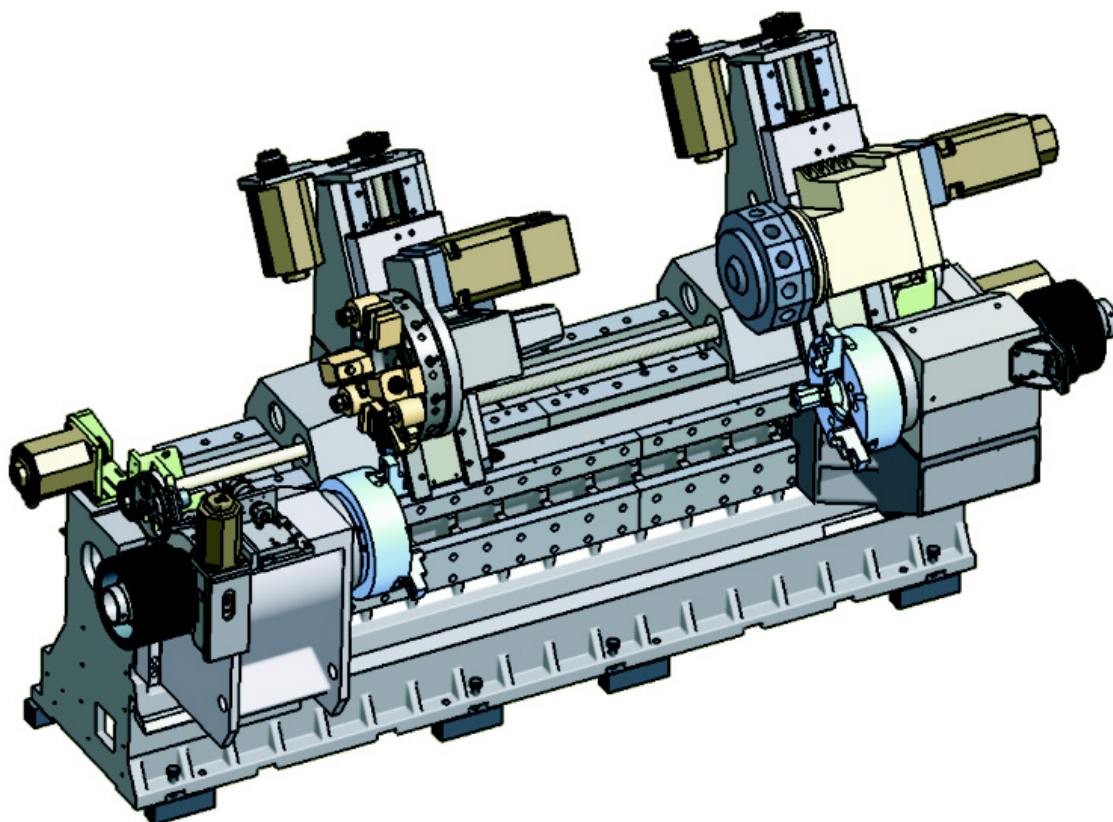


Рисунок 10 – Компоновка токарного центра модели САТ400С10Ф4  
(один из вариантов: с 2-мя револьверными головами)

### 3.5. Выбор режущего инструмента и режимов резания

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «Pramet» [24, 25].

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «Pramet».

При выборе инструмента и «начальных» режимов резания, первым делом, необходимо определить принадлежность обрабатываемого материала к одной из шести групп. Эта классификация материалов ведется в соответствии со стандартом ISO 513: представители (материалы) каждой группы вызывают в процессе их обработки качественно одинаковый тип нагрузки на режущую кромку, и, соответственно, подобный тип износа.

Сталь 45 относится к группе материалов – P1 [24, с. 226].

#### **Операция 005 Комплексная с ЧПУ**

##### **Установ А.**

Переход 1. Точить торец 5, точить поверхности 8, 11, 12.

Токарный резец для наружной обработки SKJNL 2020K16 [24, с. 7], где обозначено: С – способ крепления СМП (прихватом сверху), К – форма пластины (ромб 55°), J – главный угол в плане (93°), N – задний угол пластины (0°), L – направление резания (левое), 20 – высота державки (20мм), 20 – ширина державки (20мм), К – длина державки (125мм), 16 – размер пластины (16мм) [24, с. 4] (рис. 11).

Размеры резца:  $h=b=20\text{мм}$ ,  $h_1=20\text{мм}$ ,  $f=30\text{мм}$ ,  $l_1=125\text{мм}$  [24, с. 7].

Пластина KNUX 160405 EL-72 6630 [24, с. 158],

где обозначено: К - форма пластины (ромб 55°), N - задний угол пластины (равен 0°), U – класс точности, X – исполнение СМП (специальная), 16 – номинальная длина режущей кромки, 04 – толщина (4,76мм), 05 – радиус при вершине, E – исполнение режущей кромки (закругленные грани), L – направление подачи, 6630 – материал пластины [24, с. 140-141].

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 35   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Материал пластины 6630 – наиболее универсальный материал серии 6000, функционально градиентный субстрат, покрытие средней толщины с несущим слоем TiCN, от чистового до чернового точения, обработка материалов групп P, M, K и S, средние скорости резания, непрерывное и прерывистое резание [24, с. 281].

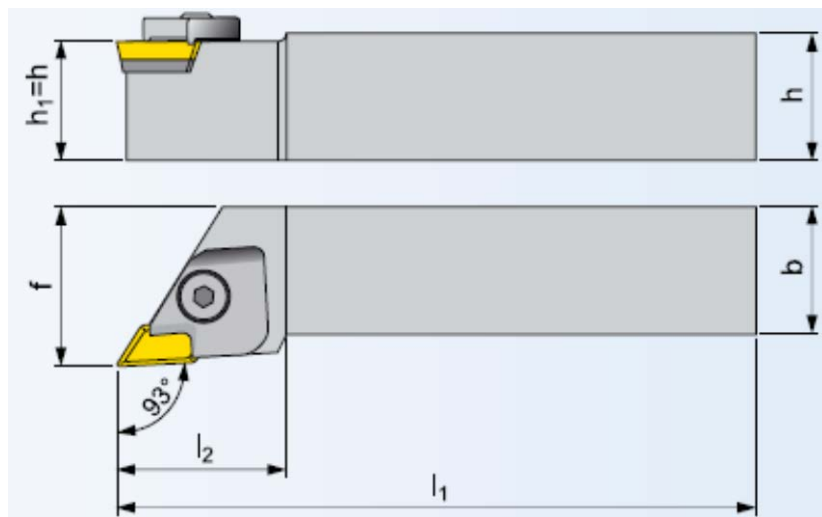


Рисунок 11 - Токарный резец для наружной обработки

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,5...4\text{мм}$ ,  $f=0,15...0,40\text{мм/об}$  [24, с. 158],  $V_c=230\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

Переход 2. Точить поверхности 6 и 7.

Токарный резец для наружной обработки SKJNL 2020K16 [24, с. 7].

Пластина KNUX 160405 EL-72 6630 [24, с. 158].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,5...4\text{мм}$ ,  $f=0,15...0,40\text{мм/об}$  [24, с. 158],  $V_c=230\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

Переход 3. Точить канавки 14, 15, 16, 17 и под выход резьбы 7.

Токарный резец для обработки канавок GFIL 2020K03 [24, с. 117] (рис. 12).

Размеры резца:  $h=b=20\text{мм}$ ,  $h_1=20\text{мм}$ ,  $l_1=125\text{мм}$  [24, с. 117].

Пластина LCMF 031604-F 8030 [24, с. 195].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,3...3\text{мм}$ ,  $f=0,05...0,17\text{мм/об}$  [24, с. 195],  $V_c=150\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

Переход 4. Точить канавку 19.

Токарный резец для обработки канавок GFIR 2525M03L 030017A  
[24, с. 118] (рис. 13).

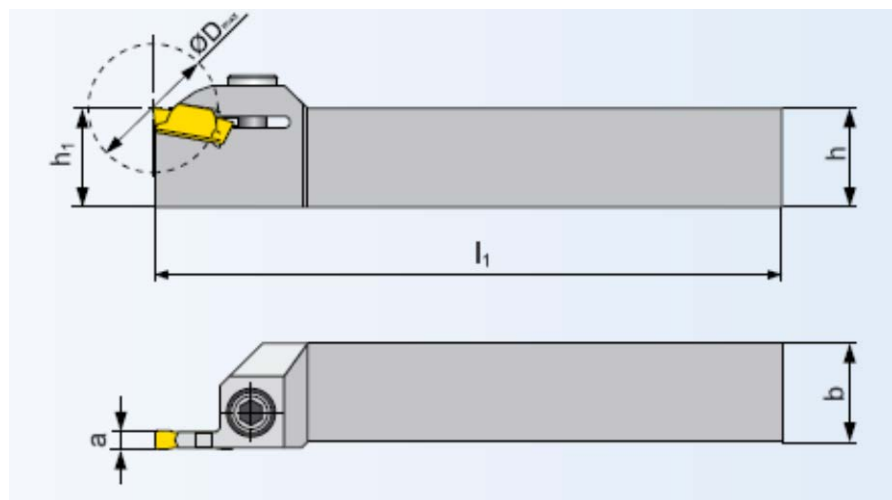


Рисунок 12 - Токарный резец для обработки канавок

Размеры резца:  $h=b=25\text{мм}$ ,  $h_1=25\text{мм}$ ,  $l_1=150\text{мм}$  [24, с. 118].

Пластина LCMF 031604-F 8030 [24, с. 195].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,3\ldots 3\text{мм}$ ,  $f=0,05\ldots 0,25\text{мм/об}$   
[24, с. 195],  $V_c=150\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

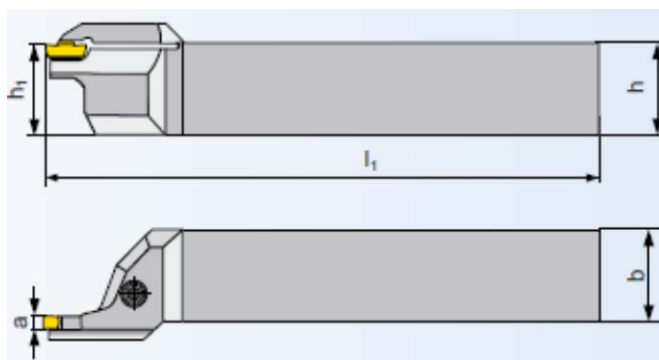


Рисунок 13 - Токарный резец для обработки канавок

Переход 5. Нарезать резьбу 7.

Токарный резец для нарезания резьбы SEL 2020K16 [24,с. 135](рис. 14).

Размеры резца:  $h=b=20\text{мм}$ ,  $h_1=20\text{мм}$ ,  $l_1=125\text{мм}$  [24, с. 135].

Пластина TN 16EL90ZZ 8030 [24, с. 199].

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 37   |

Рекомендуемые режимы резания:  $V_c=150\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

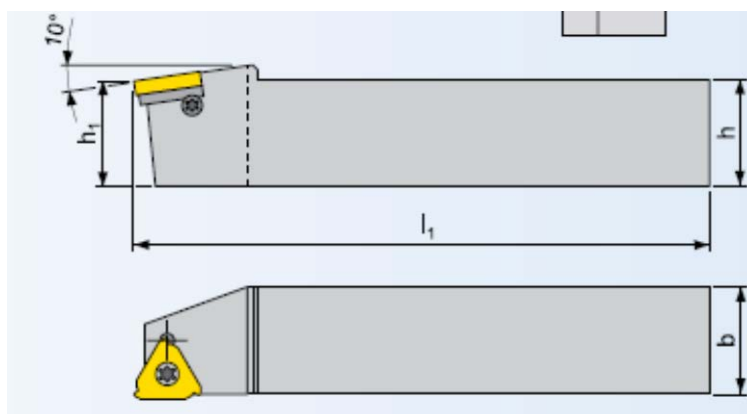


Рисунок 14 - Токарный резец для нарезания резьбы

Переход 6. Расточить фаску и отверстие 13 предварительно.

Токарный резец для внутренней обработки S25T-PDUNL 11 [24, с. 50] (рис. 15).

Размеры резца:  $d=25\text{г}7$ ,  $f=17\text{мм}$ ,  $b=h=23\text{мм}$ ,  $l_1=300\text{мм}$  [24, с. 135].

Пластина DNMW 11T304 6605 [24, с. 154].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,3\ldots2,9\text{мм}$ ,  $f=0,05\ldots0,24\text{мм/об}$  [24, с. 154],  $V_c=230\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

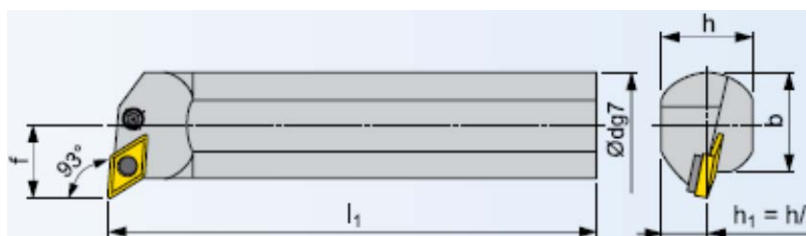


Рисунок 15 - Токарный резец для внутренней обработки

Переход 7. Расточить отверстие 13 окончательно.

Токарный резец для внутренней обработки S25T-PDUNL 11 [24, с. 50] (рис. 15).

Размеры резца:  $d=25\text{г}7$ ,  $f=17\text{мм}$ ,  $b=h=23\text{мм}$ ,  $l_1=300\text{мм}$  [24, с. 135].

Пластина DNMW 11T304 6605 [24, с. 154].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,3\ldots2,9\text{мм}$ ,  $f=0,05\ldots0,24\text{мм/об}$  [24, с. 154],  $V_c=230\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].



Переход 8. Точить канавку 19.

Токарный резец для обработки канавок F25SGGFL 0413 [24, с. 121]  
(рис. 16).

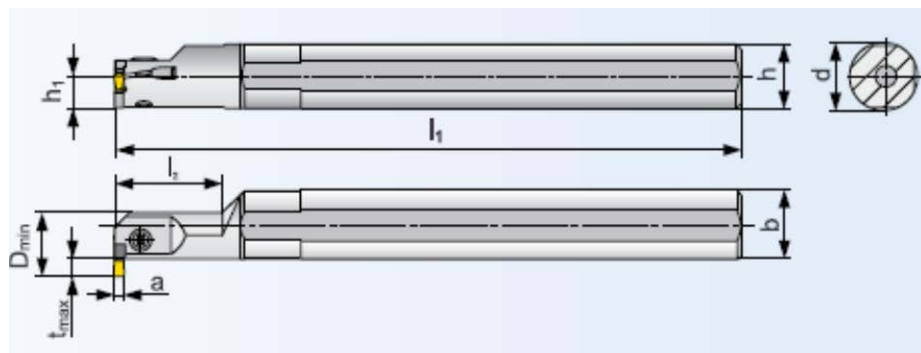


Рисунок 16 - Токарный резец для обработки внутренних канавок  
Размеры резца:  $h=b=25\text{мм}$ ,  $h_1=25\text{мм}$ ,  $l_1=150\text{мм}$  [24, с. 118].

Пластина LCMF 041304-F 8030 [24, с. 194].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,5\ldots 4\text{мм}$ ,  $f=0,05\ldots 0,25\text{мм/об}$   
[24, с. 195],  $V_c=150\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

**Установ Б** (противошпиндель).

Переход 1. Точить левый торец, точить поверхность 10 и точить фаски.

Токарный резец для наружной обработки SKJNR 2020K16 [24, с. 7].

Размеры резца:  $h=b=20\text{мм}$ ,  $h_1=20\text{мм}$ ,  $f=30\text{мм}$ ,  $l_1=125\text{мм}$  [24, с. 7]

(рис. 11).

Пластина KNUX 160405 ER-72 6630 [24, с. 158].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,5\ldots 4\text{мм}$ ,  $f=0,15\ldots 0,40\text{мм/об}$   
[24, с. 158],  $V_c=230\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

Переход 2. Расточить отверстие 2, расточить отверстие под резьбу 3 в  
размер  $73,9^{+0,4}$ .

Токарный резец для внутренней обработки S25T-PDUNR 11 [24, с. 50]  
(рис. 15).

Размеры резца:  $d=25\text{г7}$ ,  $f=17\text{мм}$ ,  $b=h=23\text{мм}$ ,  $l_1=300\text{мм}$  [24, с. 135].

Пластина DNMW 11T304 6605 [24, с. 154].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,3\ldots 2,9\text{мм}$ ,  $f=0,05\ldots 0,40\text{мм/об}$



[24, с. 154],  $V_c=230\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

Переход 3. Нарезать резьбу 3.

Токарный резец для нарезания резьбы SIR 1416N16-1 [24, с. 137] (рис. 17).

Размеры резца:  $b=14\text{мм}$ ,  $d=16\text{мм}$ ,  $h=14,5\text{мм}$ ,  $l_1=160\text{мм}$  [24, с. 137].

Пластина TN 16NR90ZZ 8030 [24, с. 199].

Рекомендуемые режимы резания:  $V_c=150\text{м/мин}$  [24, с. 289 табл. 8b].

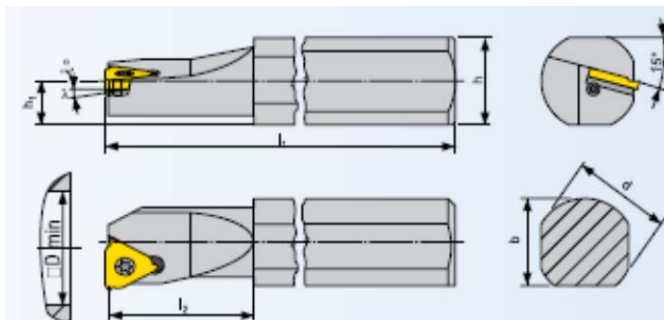


Рисунок 17 - Токарный резец для нарезания внутренней резьбы

Переход 4. Центровать отверстия 1, 4, 20.

Сверло 303DS-3.0-13-A06 [25, с. 8] (рис. 18),

где обозначено 3 – монолитное сверло, 03- приблизительная длина ( $L=3D$ ), D – вариант сверла (обычное), S – без внутреннего подвода СОЖ, 3.0 – диаметр режущей части, 13 – максимальная длина сверления, А – тип хвостовика (цилиндрический), 06 – диаметр хвостовика (6мм) [25, с. 3].

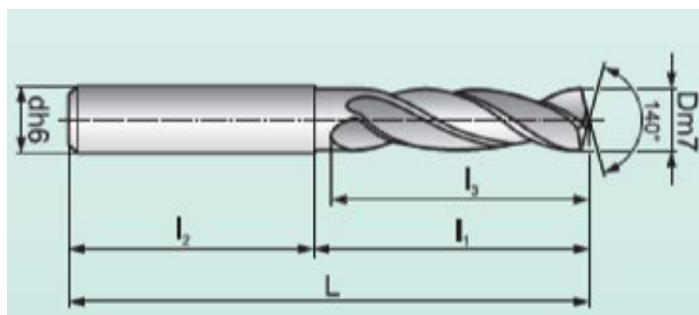


Рисунок 18 – Сверло цельное твердосплавное – размеры указаны неверно

Размеры сверла:  $L=62\text{мм}$ ,  $l_1=26\text{мм}$ ,  $l_2=36\text{мм}$ ,  $l_3=20\text{мм}$ ,  $d=6\text{мм}$  [25, с. 8].

Рекомендуемые режимы резания:  $f=0,08\text{мм/об}$ ,  $V_c=45\ldots90\text{м/мин}$  [25, с. 48].

Переход 5. Сверлить отверстие 4.

Сверло 303DS-9.5-35-A10 [25, с. 9] (рис. 18).

Размеры сверла:  $L=89\text{мм}$ ,  $l_1=49\text{мм}$ ,  $l_2=40\text{мм}$ ,  $l_3=47\text{мм}$ ,  $d=10\text{h6}$  [25, с. 9].

Рекомендуемые режимы резания:  $f=0,20\text{мм/об}$ ,  $V_c=80\ldots120\text{м/мин}$  [25, с. 48].

Переход 6. Сверлить 18 отверстий 1 и два отверстия под резьбу 20.

Сверло 303DS-10.5-40-A12 [25, с. 10] (рис. 18).

Размеры сверла:  $L=102\text{мм}$ ,  $l_1=57\text{мм}$ ,  $l_2=45\text{мм}$ ,  $l_3=55\text{мм}$ ,  $d=12\text{h6}$  [25, с. 10].

Рекомендуемые режимы резания:  $f=0,23\text{мм/об}$ ,  $V_c=80\ldots120\text{м/мин}$  [25, с. 48].

Переход 7. Нарезать резьбу в двух отверстиях 20.

Метчик машинный со спиральной стружечной канавкой E783M12 [26, с. 7] (рис. 19). Материал режущей части метчика HSS – быстрорежущая сталь

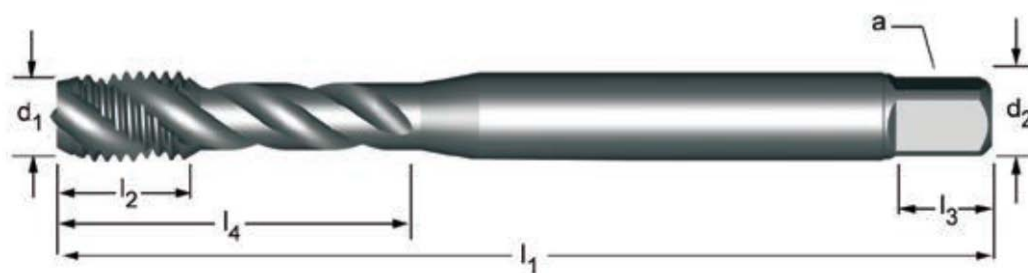


Рисунок 19 – Метчик машинный серии E783

Размеры метчика:  $l_1=110\text{мм}$ ,  $l_2=18\text{мм}$ ,  $l_3=10\text{мм}$ ,  $d=9\text{мм}$ ,  $a=7\text{мм}$ ,  $z=4$ , [26, с. 7].

Выбранные элементы режима резания занесем в таблицу 12.

Таблица 12 - Элементы режима резания

| Наименование операции, перехода, позиции | t, мм | S <sub>o</sub> , мм/об | S <sub>м</sub> , мм/мин | n, об/мин | V, м/мин |
|--|-------|------------------------|-------------------------|-----------|----------|
| <b>Операция 005 Комплексная с ЧПУ</b>    |       |                        |                         |           |          |
| <b>Установ А</b>                         |       |                        |                         |           |          |
| Переход 1                                | 2,7   | 0,20                   | 149                     | 744       | 230      |
| Переход 2                                | 2,5   | 0,20                   | 172.2                   | 861       | 230      |
| Переход 3                                | 3,0   | 0,10                   | 39.32                   | 393.2     | 150      |
| Переход 4                                | 3,0   | 0,12                   | 32.4                    | 270       | 150      |
| Переход 5                                | 0,75  | 2,0                    | 1124                    | 562       | 150      |
| Переход 6                                | 2,9   | 0,14                   | 140.5                   | 1003.4    | 230      |
| Переход 7                                | 0,2   | 0,07                   | 70.2                    | 1003.4    | 230      |
| Переход 8                                | 4,0   | 0,14                   | 91.6                    | 654.4     | 150      |
| <b>Установ Б</b>                         |       |                        |                         |           |          |
| Переход 1                                | 2,7   | 0,20                   | 90.6                    | 452.9     | 230      |
| Переход 2                                | 2,3   | 0,20                   | 153.63                  | 768.15    | 230      |
| Переход 3                                | 1,05  | 2,0                    | 1274                    | 637       | 150      |
| Переход 4                                | 1,5   | 0,06                   | 287                     | 4777      | 45       |
| Переход 5                                | 4,75  | 0,14                   | 422                     | 3017      | 90       |
| Переход 6                                | 5,25  | 0,16                   | 485                     | 3033      | 100      |
| Переход 7                                | 0,75  | 1,50                   | 2787                    | 1858      | 70       |

### 3.6. Расчет технических норм времени

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [8, с. 99]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от},$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время;

$T_{шт}$  – штучное время на операцию;

n - количество деталей в партии, n=20шт;

$t_0$  - основное время, мин;

$t_B$  - вспомогательное время;

$t_{об}$  - время на обслуживание рабочего места;

$t_{от}$  - время перерывов на отдых и личные надобности.

Вспомогательное время определяется по формуле [8, с. 99]:

$$t_B = t_{ус} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{и.з},$$

где  $t_{ус}$  - время на установку и снятие детали;

$t_{з.о}$  - время на закрепление и открепление детали, мин;

$t_{уп}$  - время на приемы управления, мин;

$t_{изм}$  - время на измерение детали, мин.

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [8, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг},$$

где  $t_{тех}$  - время на техническое обслуживание;

$t_{орг}$  - время на организационное обслуживание;

Основное время [8, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i,$$

где  $l$  - расчетная длина;

$i$  - число рабочих ходов.

Расчетная длина [8, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер},$$

где  $l_0$  - длина обработки поверхности;

$l_{вр}$  - величина врезания инструмента;

$l_{пер}$  - величина перебега.

Определим  $T_{ш-к}$  на операцию 005 Комплексная с ЧПУ.

**Операция 005 Комплексная с ЧПУ.**

**Установ А.**

Переход 1. Точить торец 5, точить поверхности 8, 11, 12.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 150 \text{ мм.}$$

Величина врезания и перебега [17, с. 95]:  $l_{вр} + l_{пер} = 12 \text{ мм.}$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 43   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Тогда:

$$l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 150 + 12 = 162 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$

$$t_{01} = \frac{162}{149} = 1,09 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхности 6 и 7.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 21 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 6 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 21 + 6 = 27 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$

$$t_{02} = \frac{27}{172.2} = 0,16 \text{ мин.}$$

Переход 3. Точить канавки 14, 15, 16, 17 и под выход резьбы 7.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 11 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 18 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 11 + 18 = 29 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{03} = \frac{29}{39.3} = 0,74 \text{ мин.}$$

Переход 4. Точить канавку 19.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 20 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 6 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 20 + 6 = 26 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{04} = \frac{26}{32.4} = 0,8 \text{ мин.}$$

Переход 5. Нарезать резьбу 7.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 12 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 12 + 5 = 17 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=8$ .

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 44   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

$$t_{05} = \frac{17}{1124} \cdot 8 = 0,12 \text{ мин.}$$

Переход 6. Расточить фаску и отверстие 13 предварительно.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 72 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 7 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 72 + 7 = 79 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{06} = \frac{79}{140.5} = 0,56 \text{ мин.}$$

Переход 7. Расточить отверстие 13 окончательно.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 67 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 10 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 67 + 10 = 77 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{07} = \frac{67}{70.2} = 0,95 \text{ мин.}$$

Переход 8. Точить канавку 19.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 3 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 6 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 3 + 6 = 9 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{08} = \frac{9}{91.6} = 0,1 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на установе А:

$$t_{\text{общА}} = 1,09 + 0,16 + 0,74 + 0,8 + 0,12 + 0,56 + 0,95 + 0,1 = 4,52 \text{ мин.}$$

### Установ Б.

Переход 1. Точить левый торец, точить поверхность 10 и точить фаски.

$$l_0 = 45 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 12 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{нп}} = 45 + 12 = 57 \text{ мм.}$$

$$t_{01} = \frac{57}{90.6} = 0,63 \text{ мин.}$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 45   |

Переход 2. Расточить отверстие 2, расточить отверстие под резьбу 3 в размер  $73,9^{+0,4}$ .

$$l_0 = 63 \text{ мм. } l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 6 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 63 + 6 = 69 \text{ мм.}$$

$$t_{02} = \frac{69}{153.63} = 0,45 \text{ мин.}$$

Переход 3. Нарезать резьбу 3.

$$l_0 = 20 \text{ мм. } l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 7 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 20 + 7 = 27 \text{ мм.}$$

Число проходов  $i=8$ .

$$t_{03} = \frac{27}{1274} \cdot 8 = 0,16 \text{ мин.}$$

Переход 4. Центровать отверстия 1, 4, 20.

Число проходов  $i=21$ .

$$l_0 = 7 \text{ мм. } l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 3 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 7 + 3 = 10 \text{ мм.}$$

$$t_{04} = \frac{10}{287} \cdot 21 = 0,73 \text{ мин.}$$

Переход 5. Сверлить отверстие 4.

Число проходов  $i=1$ .

$$l_0 = 13 \text{ мм. } l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 13 + 5 = 18 \text{ мм.}$$

$$t_{05} = \frac{18}{422} = 0,04 \text{ мин.}$$

Переход 6. Сверлить 18 отверстий 1 и два отверстия под резьбу 20.

Число проходов  $i=20$ .

$$l_0 = 13 \text{ мм. } l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{ер}} + l_{\text{нер}} = 13 + 5 = 18 \text{ мм.}$$

$$t_{06} = \frac{18}{485} \cdot 20 = 0,74 \text{ мин.}$$

Переход 7. Нарезать резьбу в двух отверстиях 20.

Число проходов  $i=2$ .

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 46   |

$$l_0 = 12 \text{ мм. } l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} = 15 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}} = 12 + 15 = 27 \text{ мм.}$$

$$t_{07} = \frac{27}{2787} \cdot 2 = 0,02 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на установе Б:

$$t_{\text{общБ}} = 0,63 + 0,45 + 0,16 + 0,73 + 0,04 + 0,74 + 0,02 = 2,77 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на всей операции:

$$t_o = 4,52 + 2,77 = 7,29 \text{ мин.}$$

Определим элементы вспомогательного времени [8, с. 98]:

$$t_{\text{ус}} = 1,56 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{уп}} = 8,35 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{изм}} = 19,24 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{в}} = 1,56 + 8,35 + 19,24 = 29,15 \text{ мин.}$$

Оперативное время [8, с. 101]:

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{в}} = 7,29 + 29,15 = 36,44 \text{ мин.}$$

Время технического обслуживания [8, с. 102]:

$$t_{\text{тех}} = \frac{6 \cdot t_{\text{он}}}{100} = \frac{6 \cdot 36,44}{100} = 2,19 \text{ мин.}$$

Время организационного обслуживания [8, с. 102]:

$$t_{\text{орг}} = \frac{8 \cdot t_{\text{он}}}{100} = \frac{8 \cdot 36,44}{100} = 2,91 \text{ мин.}$$

Время на отдых [8, с. 102]:

$$t_{\text{от}} = \frac{2,5 \cdot t_{\text{он}}}{100} = \frac{2,5 \cdot 36,44}{100} = 0,91 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = 36,44 + 2,19 + 2,91 + 0,91 = 42,45 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время [8, с. 216-217]:

$$T_{\text{п.з.}} = 34 \text{ мин.}$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 47   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



Тогда:

$$T_{шт-к} = \frac{34}{20} + 42,45 = 44,15 \text{ мин.}$$

### 3.7. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали

Проектируемый технологический процесс механической обработки детали «Втулка водяного насоса» предполагает использование токарного центра с ЧПУ модели CAT400C10Ф4. Данный станок оснащен системой ЧПУ Siemens.

Системы ЧПУ Sinumerik выпускаются для широкого ряда станков с ЧПУ. Эти системы ЧПУ имеют широкий ряд опций для различных областей применения, от мелких мастерских до крупных предприятий аэрокосмической промышленности. Модель 840D обеспечивает максимально возможную производительность и гибкость при любых типах обработки, в том числе и на сложных многоосевых системах. Программное ядро системы ЧПУ (VNCK) позволяет производить расширенную симуляцию обработки на станке в NX CAM или на виртуальных станках.

NX CAM обеспечивает расширенные возможности программирования, соответствующие широким возможностям систем ЧПУ Sinumerik. Для того чтобы постпроцессор обеспечивал оптимизированный вывод для систем ЧПУ Sinumerik в таких областях, как высокоскоростное резание или 5-осевая обработка, NX CAM сочетает автоматически выбираемые и пользовательские параметры.

Программное ядро VNCK, поставляемое с NX CAM в качестве дополнения, обеспечивает управляемое системой ЧПУ симуляцию для выполнения полной проверки программ и обеспечения точной оценки времени обработки.

NX предлагает различные шаблоны постпроцессора и проверенные постпроцессоры, подходящие для широкого ряда станков с системами ЧПУ Sinumerik.

Данная система ЧПУ имеет простое, ориентированное на пользователя управление, которое позволяет достаточно быстро составлять программы и обладает следующими возможностями:

- программирование возможно непосредственно на ЧПУ или на внешних носителях (CAD/CAM);
- фрезерные циклы: круговые карманы, прямоугольные карманы, изогнутые карманы, плоское фрезерование;
- циклы сверления: простое сверление, сверление с выдержкой по времени, сверление глубоких отверстий, нарезание резьбы метчиком;
- высверливание рисунков: ряды отверстий, отверстия по кругу /сегменту, свободное позиционирование отверстия, прямоугольник/параллелограмм.

Запись информации в УП осуществляется по определенным правилам, которые указывают, как записывать информацию в каждом кадре УП, а также правила записи слов внутри каждого кадра.

В дипломном проекте управляющую программу разработаем на 005 операцию «Комплексная с ЧПУ» установ А. Операция состоит из восьми переходов:

1. Точить торец 5, точить поверхности 8, 11, 12.
2. Точить поверхности 6 и 7.
3. Точить канавки 14, 15, 16, 17 и под выход резьбы 7.
4. Точить канавку 19.
5. Нарезать резьбу 7.
6. Расточить фаску и отверстие 13 предварительно.
7. Расточить отверстие 13 окончательно.
8. Точить канавку 19.

Для разработки управляющей программы необходимо:

- выбрать инструмент;
- выбрать режимы резания;
- спроектировать траекторию движения инструмента;
- определить координаты опорных точек.

Выбор режущего инструмента приведен в главе 3.5.

Режимы резания представлены в таблице 13.

Траектория движения инструмента и таблица координат опорных точек приведены на плакатах 3 и 4.

Инструментам присвоим номера T1...T6.

Управляющая программа для операции 005 установ А представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Управляющая программа для операции 005 (Установ А)

| Кодирование информации,<br>содержание кадра | Содержание кадра УП   |
|---|---|
| 1   | 2   |
| T1 D1                                       | Выбор резца   |
| G96 S230 Lims=1 100 M4                      | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки.          |
| G90 G54 G18                                 | Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z            |
| G0 X96 Z0                                   | Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами              |
| G1 X64 F0.2 M8                              | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ |
| G0 X90 Z3                                   | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G1 Z-57.2 F0.2                              | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи                       |
| X114 Z-78                                   | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| X164.91                                     | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| Z-93.2                                      | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |

Продолжение таблицы 13

| 1                     | 2   |
|-----------------------|---|
| X212                  | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| M9 M5                 | Отключение подачи СОЖ, выключение оборотов                                      |
| G0 X90 Z3             | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| X81.85                | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G96 S230 Lims=1100 M4 | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки.          |
| G1 Z-3.5 F0.2 M8      | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ |
| X84.72 Z-5            | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| Z-18                  | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| X94                   | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| M9 M5                 | Отключение подачи СОЖ, выключение оборотов                                      |
| G0 X420 Z300          | Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента                     |
| T2 D1                 | Выбор канавочного резца.  |
| G96 S150 Lims=600 M4  | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки.          |
| G90 G54 G18           | Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z,           |
| G0 X96 Z-15           | Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами              |
| G1 X81.85 F0.1 M8     | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ |
| G0 X96                | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| X171 Z-78             | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G1 X156.91 F0.1       | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |

Продолжение таблицы 13

| 1                    | 2   |
|----------------------|---|
| G0 X171              | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| X171 Z-85            | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G1 X158.75           | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| Z-87.26              | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| X171                 | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| M9 M5                | Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов                                      |
| G0 X420 Z300         | Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента                     |
| T3 D1                | Выбор канавочного резца   |
| G96 S150 Lims=300 M4 | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки.          |
| G90 G54 G18          | Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z            |
| G0 X164.91 Z-90      | перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами              |
| G1 Z-96 F0.12 M8     | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ |
| X189.6               | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| Z-90                 | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| M9 M5                | Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов                                      |
| G0 X420 Z300         | Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента                     |
| T4 D1                | Выбор резбового резца   |
| G96 S150 Lims=600 M4 | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки           |
| G90 G54 G18          | Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z            |

Продолжение таблицы 13

| 1   | 2  |
|---|--|
| G0 X85 Z3   | Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами   |
| G1 F2 M8  | Включение рабочей подачи. Включение подачи СОЖ   |
| CYCLE 97 ( -, 85, 0, -16, 85, 85, 3, 2, 1,23, 1, 30, 0, 5, 2, 3, 1) | Цикл нарезания наружной резьбы: 85 – диаметр нарезаемой резьбы, 0 и -16 начальная и конечная точки резьбы, 85 – диаметр резьбы в начальной и конечной точке резьбы, 3 – заход резца, 2 – выход резца, 1,23 – глубина резьбы, 1 - чистовой припуск, 30 – угол подачи, 0 – смещение для первого захода, 5 – количество черновых проходов, 2 – количество холостых проходов, 3 – тип обработки резьбы (снаружи, постоянное сечение стружки), 1 – однозаходная резьба. |
| M9 M5   | Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов   |
| G0 X420 Z300  | Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента  |
| T5 D1   | Выбор расточного резца.  |
| G96 S230 Lims=1100 M4   | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки  |
| G90 G54 G18   | Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z   |
| G0 X76.6 Z3   | Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами   |
| G1 Z0 F0.14 M8  | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ  |
| X72.4 Z-5.8   | Движение к заданным координатам на рабочей подаче  |
| Z-72  | Движение к заданным координатам на рабочей подаче  |
| X68   | Движение к заданным координатам на рабочей подаче  |
| M9 M5   | Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов   |

## Окончание таблицы 13

| 1                     | 2   |
|-----------------------|---|
| G0 Z3                 | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| X73.015               | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G96 S230 Lims=1100 M4 | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки           |
| G1 Z-72 F0.07 M8      | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ |
| X68                   | Движение к заданным координатам на рабочей подаче                               |
| M9 M5                 | Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов                                      |
| G0 Z3                 | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G0 X420 Z300          | Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента                     |
| T6 D1                 | Выбор канавочного резца   |
| G96 S150 Lims=700 M4  | Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки           |
| G90 G54 G18           | Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z,           |
| G0 X70 Z3             | Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами              |
| Z-54                  | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G1 X76.2 F0.14 M8     | Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи, включение подачи СОЖ |
| G0 X70                | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| M9 M5                 | Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов                                      |
| Z3                    | Движение к заданным координатам на ускоренной подаче                            |
| G0 X420 Z300          | Ускоренное перемещение в безопасную точку смены инструмента                     |
| M30                   | Окончание программы   |

## 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В экономической части проекта выполняется расчет капитальных затрат и определяется экономическая эффективность усовершенствованного технологического процесса. Сравнение двух вариантов (базового и проектируемого) технологических процессов осуществляется путем расчета себестоимости работ по каждому из вариантов и определяется условно-годовая экономия.

### 4.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле:

$$K = K_{об} + K_{про} \quad (20)$$

где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{про}$  – капитальные вложения в программное обеспечение, руб.;

т.к. предприятие располагает оборудованием для программирования станков с ЧПУ, то затрат на программное обеспечение нет.

*Определяем количество технологического оборудования*

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [21]:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{вн} \cdot k_3}, \quad (21)$$

где  $t$  – штучно-калькуляционное время операции, ч.;

$N_{год}$  – годовая программа выполнения деталей, шт.;

$N_{год} = 850$  шт. базовый вариант;

$N_{год} = 1750$  шт. проектируемый вариант;

$F_{об}$  – действительный фонд времени работы оборудования;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм времени,  $k_{вн} = 1,02$ ;

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного



производства,  $k_3 = 0,75 \div 0,85$ .

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [21]:

$$F_{об} = F_n \left( 1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (22)$$

где  $F_n$  – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч.;

$K_p$  – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч.

Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_n = 244 \cdot 8 + 3 \cdot 7 = 1973 \text{ ч};$$

- при двухсменной работе (базовый вариант):

$$F_n = 1973 \cdot 2 = 3946 \text{ ч.}$$

- при трёхсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

$$F_n = 1973 \cdot 3 = 5919 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2% рабочего времени универсального оборудования и 9% для обрабатывающего центра с ЧПУ.

Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (22), составляет:

$$F_{об} = 3946 \cdot \left( 1 - \frac{2}{100} \right) = 3867 \text{ ч - базовый вариант.}$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 56   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

$$F_{об} = 5919 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5386 \text{ ч} - \text{проектируемый вариант.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (21).

Данные по расчетам сводим в таблицу 14 по базовому варианту.

$$C_{16K20} = \frac{0,93 \cdot 850}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,235 \text{ шт.};$$

$$C_{3KK227} = \frac{0,25 \cdot 850}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,063 \text{ шт.};$$

$$C_{2H55} = \frac{0,76 \cdot 850}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,193 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени, согласно раздела 3.6. по формуле (21).

Данные по расчетам сводим в таблицу 15 по проектируемому варианту.

$$C_{CAT400} = \frac{0,74 \cdot 1750}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,277.$$

После расчета всех операций значений ( $T_{шт. (шт-к)}$ ) и ( $C_p$ ), устанавливаем принятое число рабочих мест ( $C_n$ ), округляя для ближайшего целого числа полученное значение ( $C_p$ ) [21].

Таблица 14 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по базовому варианту

| Модель станка | Штучно-калькуляционное время ( $T_{шт. (шт-к)}$ ), ч. | Расчетное количество станков, $C_p$ | Принимаемое количество станков, $C_n$ | Кз.ф. |
|---------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| 16K20         | 0,93  | 0,235                               | 1                                     | 0,235 |
| 3K227B        | 0,25  | 0,063                               | 1                                     | 0,063 |
| 2H55          | 0,76  | 0,193                               | 1                                     | 0,193 |
|               | $\Sigma T_{шт. (шт-к)} = 1,94$                        | 0,491                               | $\Sigma C_n = 3$                      |       |

Таблица 15 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

| Модель станка | Штучно-калькуляционное время ( $T_{шт. (ш-к)}$ ), ч. | Расчетное количество станков, $C_p$ | Принимаемое количество станков, $C_{п}$ | Кз.ф. |
|---------------|--|-------------------------------------|---|-------|
| САТ400        | 0,74   | 0,277                               | 1                                       | 0,277 |
|               | $\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 0,74$                        | 0,277                               | $\Sigma C_{п} = 1$                      |       |

*Определений капитальных вложений в оборудование*

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 16 по базовому варианту, по проектируемому в таблице 17.

Таблица 16 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

| Наименование оборудования | Модель | Количество оборудования | Мощность, кВт |              | Стоимость одного станка, т. руб. |        |                          | Стоимость всего оборудования, т. руб. |
|---------------------------|--------|-------------------------|---------------|--------------|----------------------------------|--------|--------------------------|---------------------------------------|
|                           |        |                         | Одного станка | Всех станков | Цена                             | Монтаж | Первоначальная стоимость |                                       |
| Токарно-винторезный       | 16K20  | 1                       | 11            | 11           | 195                              | 19,5   | -                        | 214,5                                 |
| Внутришлифовальный        | 3K227B | 1                       | 9             | 9            | 170                              | 17     | -                        | 187                                   |
| Радиально-сверлильный     | 2Н55   | 1                       | 6,2           | 6,2          | 150                              | 15     | -                        | 165                                   |
| Итого                     |        | 3                       |               | 26,2         | 515                              | 51,5   | -                        | 566,5                                 |

Таблица 17 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

| Наименование оборудования | Модель | Количество оборудования | Мощность, кВт |              | Стоимость одного станка, т. руб. |        |          |                          | Стоимость всего оборудования, т. руб. |
|---------------------------|--------|-------------------------|---------------|--------------|----------------------------------|--------|----------|--------------------------|---------------------------------------|
|                           |        |                         | Одного станка | Всех станков | Цена                             | Монтаж | Демонтаж | Первоначальная стоимость |                                       |
| ОЦ с ЧПУ                  | САТ400 | 1                       | 22            | 22           | 5700                             | 570    | 40       | 5700                     | 6310                                  |
| Итого                     |        | 1                       |               | 22           |                                  |        |          |                          | 6310                                  |

Капитальные вложения в оборудование ( $K_{об}$ ) с учётом загрузки станка на 27,7% составляют  $0,277 \cdot 6310 = 1747,9$  т. руб.

#### *Определение капитальных вложений в приспособления*

Размер капитальных вложений в приспособления определяем по формуле [21]:

$$K_{прс} = \sum g_p \cdot N_{прс} \cdot Ц_{пр} \cdot K_{осн}, \quad (23)$$

где  $g_p$  – расчетное количество оборудования,  $g_p = 0,277$  шт.;

$N_{прс}$  – количество приспособлений на единицу оборудования,  $N_{прс} = 2$  шт.;

$Ц_{пр}$  – стоимость приспособления с учетом транспортно-заготовительных расходов, транспортно-заготовительные расходы составляют 2,5%;

$K_{осн}$  – коэффициент занятости технологической оснастки,  $K_{осн} = 0,7$ , т.к. возможно использовать для обработки других изделий;

$Ц_{прс}$  – стоимость приспособлений,  $Ц_{прс1} = 41300$  руб., (патрон гидравлич.),  $Ц_{прс2} = 41300$  руб., (патрон гидравлич.).

Стоимость приспособления – это стоимость приобретения с учетом транспортно-заготовительных расходов.

Тогда:

$$Ц_{прс} = (41300 + 41300) \cdot 1,025 = 84665 \text{ руб.}$$

Рассчитываем размер капитальных вложений в приспособления по формуле (23):

$$K_{прс} = 0,227 \cdot 84,665 \cdot 0,7 = 13,5 \text{ т. руб.}$$

$$\text{Итого: } 1747,9 + 13,5 = 1761,4 \text{ т. руб.}$$

#### **4.3. Расчет технологической себестоимости детали**

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из

следующих элементов, согласно формуле [21]:

$$C = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (24)$$

где  $Z_{\text{зп}}$  – затраты на заработную плату, руб.;

$Z_{\text{з}}$  – зарплата на технологическую энергию, руб.;

$Z_{\text{об}}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$Z_{\text{осн}}$  – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, руб.;

$Z_{\text{и}}$  – затраты на малоценный инструмент, руб.

*Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали*

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [21]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (25)$$

где  $Z_{\text{пр}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, руб.;

$Z_{\text{н}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, руб.;

$Z_{\text{к}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, руб.;

$Z_{\text{тр}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, руб.

Численность станочников вычисляем по формуле [21]:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_{\text{р}}}, \quad (26)$$

где  $F_{\text{р}}$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего,  $F_{\text{р}} = 1685$  ч.;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,

$k_{\text{мн}} = 1$ ;

$t$  – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч;

244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч;

потери: 28 – отпуск очередной, 2 – потери по больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 36 дней.

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1685 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (26). Результаты вычислений сводим в таблицу 18 по проектируемому варианту в таблице 19.

Таблица 18 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

| Наименование операции | Разряд | Часовая тарифная ставка, руб. | Штучно-калькуляционное время, ч. | Заработная плата, руб. | Расчётная численность станочников, чел. |
|-----------------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|---|
| Токарная              | 4      | 115,2                         | 0,93                             | 107,1                  | 0,47                                    |
| Шлифовальная          | 3      | 103,1                         | 0,25                             | 25,8                   | 0,13                                    |
| Сверлильная           | 3      | 99,4                          | 0,76                             | 75,5                   | 0,38                                    |
| Итого                 |        |                               |                                  | 208,4                  | 0,98                                    |

Определим затраты на заработную плату на годовую программу [21]:

$$З_{\text{зп}} = 208,4 \cdot 850 = 177140 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{мн}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,16; K_{\text{р}} = 1,15.$$

$$З_{\text{зп}} = 177140 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 236304,8 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

| Наименование операции   | Разряд | Часовая тарифная ставка, руб. | Штучно-калькуляционное время, ч. | Заработная плата, руб. | Численность станочников, чел. |
|-------------------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Комплексная на ОЦ с ЧПУ | 3      | 104,8                         | 0,74                             | 77,6                   | 0,37                          |
| Итого                   |        |                               |                                  | 77,6                   | 0,37                          |

Определим затраты на заработную плату на годовую программу [21]:

$$З_{\text{ЗП}} = 77,6 \cdot 1750 = 135800 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МН}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,16; K_{\text{р}} = 1,15.$$

$$З_{\text{ЗП}} = 135800 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 181157,2 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [21]:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_{\text{р}} \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{р}}}{N_{\text{год}}}, \quad (27)$$

где  $F_{\text{р}}$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 850$  шт.;

$K_{\text{р}}$  – районный коэффициент,  $K_{\text{р}} = 1,2$ ;

$K_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$$K_{\text{доп}} = 1,23;$$

$C_T^{\text{всп}}$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, руб.;

$Ч_{\text{всп}}$  – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, руб.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле [21]:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{H}, \quad (28)$$

где  $g_{\text{п}}$  – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет  $g_{\text{п}} = 0,491$  шт.;

$n$  – число смен работы оборудования,  $n = 2$ ;

$N$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком,  $N = 8$  шт.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,491 \cdot 2}{8} = 0,12 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,12 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,12 \cdot 0,07 = 0,01 \text{ чел.}$$

По формуле (19) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{86,8 \cdot 1685 \cdot 0,12 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{850} = 30,5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{73,9 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{850} = 2,2 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{75,1 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{850} = 2,2 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь по каждому их вариантов, сводим в таблицу 20 по проектируемому в таблице 21.

Таблица 20 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

| Специальность рабочего | Часовая тарифная ставка, руб. | Численность, чел. | Затраты на изготовление одной детали, руб. |
|------------------------|-------------------------------|-------------------|--|
| Наладчик               | 86,8                          | 0,12              | 30,5                                       |
| Транспортный рабочий   | 73,9                          | 0,01              | 2,2  |
| Контролер              | 75,1                          | 0,01              | 2,2  |
| Итого                  |                               | 0,14              | 34,9                                       |

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{зп}} = 34,9 \cdot 850 = 29665 \text{ руб.}$$



Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (17):

$$З_{зп} = 236304,8 + 29665 = 265969,8 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

| Специальность рабочего | Часовая тарифная ставка, руб. | Численность, чел. | Затраты на изготовление одной детали, руб. |
|------------------------|-------------------------------|-------------------|--|
| Наладчик               | 86,8                          | 0,10              | 12,3                                       |
| Транспортный рабочий   | 73,9                          | 0,01              | 1,1  |
| Контролер              | 75,1                          | 0,01              | 1,1  |
| Итого                  |                               | 0,12              | 14,5                                       |

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 14,5 \cdot 1750 = 25375 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (25):

$$З_{зп} = 181157,2 + 25375 = 206532,2 \text{ руб.}$$

*Отчисления в социальный фонд.*

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

Базовый вариант  $265969,8 \cdot 0,3 = 79790,9$  руб.

Проектируемый вариант  $206532,2 \cdot 0,3 = 61959,7$  руб.

*Затраты на электроэнергию*

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле [21]:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{сп} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн}} \cdot Ц_э, \quad (29)$$

где  $N_y$  – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,

$$k_N = 0,2 \div 0,4;$$

$k_{вр}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для среднесерийного производства  $k_{вр} = 0,7$ ;

$k_{од}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка,  $k_{од} = 0,75$  – при двух двигателях и  $k_{од} = 1$  – при одном двигателе;

$k_w$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия,  $k_w = 1,04 \div 1,08$ ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка);

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,02$ ;

$\Pi_э$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $\Pi_э = 3,54$  руб.

Производим расчеты по вариантам по формуле (21):

$$Z_э(16K20) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,93}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 6,6 \text{ руб.};$$

$$Z_э(3K227B) = \frac{9 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,25}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 1,4 \text{ руб.};$$

$$Z_э(2H55) = \frac{6,2 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,76}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 3,0 \text{ руб.};$$

$$Z_э(CAT400) = \frac{22 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,74}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 10,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 22 по проектируемому варианту в таблицу 23.

Таблица 22 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

| Модель станка | Установленная мощность, кВт | Штучно-калькуляционное время, ч. | Затраты на электроэнергию, руб. |
|---------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 16K20         | 11                          | 0,93                             | 6,6                             |
| 3K227B        | 9                           | 0,25                             | 1,4                             |
| 2H55          | 6,2                         | 0,76                             | 3,0                             |
| Итого         |                             |                                  | 11                              |

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_э = 11 \cdot 850 = 9350 \text{ руб.}$$

Таблица 23 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

| Модель станка | Установленная мощность, кВт | Штучно-калькуляционное время, ч | Затраты на электроэнергию, руб. |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| CAT400        | 22                          | 0,74                            | 10,5                            |
| Итого         |                             |                                 | 10,5                            |

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_3 = 10,5 \cdot 1750 = 18375 \text{ руб.}$$

*Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования*

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле [21]:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (30)$$

где  $C_{рем}$  – затраты на ремонт технологического оборудования, руб.;

$C_{ам}$  – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, руб.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [21]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (31)$$

где  $Ц_{об}$  – цена единицы оборудования, руб.;

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений,  $H_{амБ} = 12\%$  для базового оборудования,  $H_{амН} = 6\%$  - для нового оборудования;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$  – годовой действительный фонд работы оборудования,

$F_{обБАЗ} = 3867 \text{ ч.}$  и  $F_{обНОВ} = 5386 \text{ ч.}$

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $k_3 = 0,85$ ;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,02$ .

Производим расчеты по вариантам по формуле (31):

$$C_{\text{ам}}(16K20) = \frac{214500 \cdot 0,12 \cdot 0,93}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 7,1 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(3K227B) = \frac{187000 \cdot 0,12 \cdot 0,25}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 1,7 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(2H55) = \frac{165000 \cdot 0,12 \cdot 0,74}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 4,4 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(\text{CAT400}) = \frac{6310000 \cdot 0,06 \cdot 0,76}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 60,0 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования ( $C_{\text{рем}}$ ) определяем по количеству ремонтных единиц и стоимости одной ремонтной единицы:

$$Ц_{\text{РЕбаз}} = 440 \text{ р.}, Ц_{\text{РЕнов}} = 980 \text{ руб.}$$

Вычисления производим по формуле [21]:

$$C_{\text{рем}} = \frac{Ц_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}}, \quad (32)$$

где  $\Sigma Re$  - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей.

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (32):

$$C_{\text{рем}}(16K20) = \frac{440 \cdot 1}{0,93 \cdot 850} = 0,6 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(3K227B) = \frac{440 \cdot 1}{0,25 \cdot 850} = 2,1 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(2H55) = \frac{440 \cdot 1}{0,76 \cdot 850} = 0,7 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(\text{CAT400}) = \frac{980 \cdot 1}{0,74 \cdot 1750} = 0,8 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 24 по проектируемому в таблицу 25.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 67   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Таблица 24 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

| Модель станка | Стоимость, т. руб. | Количество, шт. | Норма амортизационных отчислений, % | Штучно-калькуляционное время, ч | Амортизационные отчисления, руб. | Затраты на ремонт, руб. |
|---------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 16K20         | 214,5              | 1               | 12                                  | 0,93                            | 7,1                              | 0,6                     |
| 3K227B        | 187,0              | 1               | 12                                  | 0,25                            | 1,7                              | 2,1                     |
| 2H55          | 165,0              | 1               | 12                                  | 0,76                            | 4,4                              | 0,7                     |
| Итого         |                    |                 |                                     |                                 | 13,2                             | 3,4                     |

Таблица 25 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемый вариант

| Модель станка | Стоимость, т. руб. | Количество, шт. | Норма амортизационных отчислений, % | Штучно-калькуляционное время, ч | Амортизационные отчисления, руб. | Затраты на ремонт, руб. |
|---------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| САТ400        | 6310,0             | 1               | 6                                   | 0,74                            | 60,0                             | 0,8                     |
| Итого         |                    |                 |                                     |                                 | 60,0                             | 0,8                     |

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (30):

$$З_6 = 13,2 + 3,4 = 16,6 \text{ руб.}$$

$$З_п = 60,0 + 0,8 = 60,8 \text{ руб.}$$

*Затраты на эксплуатацию инструмента*

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$З_{и} = \frac{Ц_{и} + \beta_n \cdot Ц_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{и}, \quad (33)$$

где  $Ц_{и}$  – цена единицы инструмента, руб.;

$\beta_n$  – число переточек;

$Ц_n$  – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$  – период стойкости инструмента;

$T_m$  – машинное время;

$\eta_n$  - коэффициент случайной убыли инструмента,  $\eta_n = 0,98$ ;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = 850$ .

В таблице 26 укажем инструмент, используемый в базовом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 26 – Перечень инструмента базового технологического процесса

| № опер. | Наименование                   | $T_m$ , мин | № опер. | Наименование                   | $T_m$ , мин. |
|---------|--------------------------------|-------------|---------|--------------------------------|--------------|
| 005     | Резец подрезной ГОСТ 18880-73  | 18,7        | 010     | Резец резьбовой ГОСТ 18885-73  | 3,1          |
| 005     | Резец расточной ГОСТ 18883-73  | 6,7         | 010     | Резец канавочный ГОСТ 18884-73 | 1,7          |
| 005     | Резец резьбовой ГОСТ 18885-73  | 4,8         | 015     | Круг шлифовальный ГОСТ 2424-83 | 15,0         |
| 005     | Резец канавочный ГОСТ 18884-73 | 3,1         | 020     | Сверло ГОСТ 10903              | 18,4         |
| 010     | Резец подрезной ГОСТ 18880-73  | 13,6        | 020     | Метчик М12 ГОСТ 17752          | 27,2         |
| 010     | Резец расточной ГОСТ 18883-73  | 8,2         |         |                                |              |

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому тех. процессу (для стандартного инструмента) по формуле (33):

$$Z_n = \frac{956,1 + 8 \cdot 77}{60 \cdot 850 \cdot 9} \cdot 32,3 \cdot 0,98 + \frac{855,3 + 9 \cdot 68}{60 \cdot 850 \cdot 10} \cdot 14,9 \cdot 0,98 + \frac{1023 + 6 \cdot 92}{50 \cdot 850 \cdot 7} \cdot 4,8 \cdot 0,98 + \frac{956,6 + 7 \cdot 84}{45 \cdot 850 \cdot 8} \cdot 4,8 \cdot 0,98 + \frac{1106 + 6 \cdot 88}{50 \cdot 850 \cdot 7} \cdot 3,1 \cdot 0,98 + \frac{15632 + 0 \cdot 0}{189 \cdot 850} \cdot 15 \cdot 0,98 + \frac{535 + 11 \cdot 81}{39 \cdot 850 \cdot 12} \cdot 18,4 \cdot 0,98 + \frac{1180 + 6 \cdot 92}{31 \cdot 850 \cdot 7} \cdot 27,2 \cdot 0,98 = 101,6 \text{ руб.}$$

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [21]:

$$Z_{эн} = (C_{пл} \cdot n + (C_{корп} + k_{компл} \cdot C_{компл}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{маш} \cdot (T_{ст} \cdot b_{фи} \cdot N)^{-1},$$

где  $Z_{эн}$  - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, руб.;

$C_{пл}$  - цена сменной многогранной пластины, руб.;

$n$  - количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$C_{корп}$  - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца,

корпуса сборной фрезы/сверла), руб.;

$C_{\text{компл}}$  - цена набора комплектующих изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), руб.;

$k_{\text{компл}}$  – коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Коэффициент эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия. Максимальное значение  $k_{\text{компл}}=5$  соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

$Q$  - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Величина  $Q$  также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины. Значения показателя  $Q$  рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице;

$N$  - количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

(для круглой пластины рекомендуется принимать  $N = 6$ );

$b_{\text{фи}}$  - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента. Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{\text{маш}}$  - машинное время, мин;

$T_{\text{ст}}$  - период стойкости инструмента, мин.

В таблицу 27 внесем параметры инструмента.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 70   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Таблица 27 – Параметры прогрессивного инструмента

| Операция | Инструмент  | Машин-<br>ное<br>время,<br>мин | Цена<br>единицы<br>инстру-<br>мента, руб. | Суммар-<br>ный<br>период<br>стойкости<br>ин-та, мин | Затраты на<br>переточку<br>инструмен-<br>та, руб. | Кэффи-<br>циент<br>убыли | Итого<br>затраты,<br>руб. |
|----------|---|--------------------------------|---|---|---|--------------------------|---------------------------|
| 1        | 2   | 3                              | 4   | 5   | 6   | 7                        | 8                         |
| 005      | Резец<br>СКJNL<br>2020K16<br>СМП KNUX<br>160405 EL-<br>72 6630    | 1,89                           | 12563<br><br>485                          | 240   | -   | 0,90                     | 6,8                       |
|          | Резец GFIL<br>2020K03<br>СМП LCMF<br>031604-F<br>8030             | 0,74                           | 10526<br>530                              | 250   | -   | 0,90                     | 3,1                       |
|          | Резец GFIR<br>2525M03L<br>030017A<br>СМП LCMF<br>031604-F<br>8030 | 0,80                           | 14256<br><br>480                          | 230   | -   | 0,90                     | 3,5                       |
|          | Резец SEL<br>2020K16<br>СМП TN<br>16EL90ZZ<br>8030                | 0,12                           | 10563<br>420                              | 250   | -   | 0,90                     | 1,7                       |
|          | Резец S25T-<br>PDUNL 11<br>СМП<br>DNMW<br>11T304 6605             | 1,96                           | 9563,2<br>480                             | 280   | -   | 0,90                     | 7,1                       |
|          | Резец<br>F25SGGFL<br>0413<br>СМП LCMF<br>041304-F<br>8030         | 0,10                           | 12210<br>410                              | 260   | -   | 0,90                     | 1,1                       |
|          | Резец SIR<br>1416N16-1<br>СМП TN<br>16NR90ZZ<br>8030              | 0,16                           | 14563<br>605                              | 2550  | -   | 0,90                     | 1,2                       |
|          | Сверло<br>303DS-3.0-<br>13-A06                                    | 0,73                           | 3562                                      | 160   |   | 0,90                     | 1,8                       |



## Окончание таблицы 27

| 1     | 2                               | 3    | 4    | 5   | 6 | 7    | 8    |
|-------|---------------------------------|------|------|-----|---|------|------|
| 005   | Сверло<br>303DS-9.5-<br>35-A10  | 0,04 | 3963 | 170 | - | 0,90 | 0,9  |
|       | Сверло<br>303DS-10.5-<br>40-A12 | 0,74 | 4050 | 175 | - | 0,90 | 1,9  |
|       | Метчик<br>E783M12               | 0,02 | 5362 | 134 | - | 0,90 | 0,6  |
| Итого |                                 |      |      |     |   |      | 29,7 |

*Затраты на оснастку*

Затраты на оснастку вычисляем по формуле [21]:

$$З_{\text{осн}} = \frac{g_p \cdot H_{\text{прс}} \cdot Ц_{\text{прс}} \cdot N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} \cdot 100}, \quad (34)$$

где  $g_p$  – принятое количество оборудования, ( $g_p = 3$  шт.);

$H_{\text{прс}}$  – количество приспособлений на единицу оборудования, ( $H_{\text{прс}}=1$ );

$Ц_{\text{прс}}$  – стоимость приспособлений, ( $Ц_{\text{прс1}}=25563$  руб.,  $Ц_{\text{прс2}}=17300$  руб.,  $Ц_{\text{прс3}}=29631$  руб.).

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}}$  – норма амортизационных отчислений на приспособления,

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}} = 66\%$ ;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 850$  шт.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (34):

$$З_{\text{осн}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot (25563 + 17300 + 29631) \cdot 66}{850 \cdot 100} = 56,3 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 28.

Таблица 28 – Технологическая себестоимость обработки детали

| Статьи затрат                                     | Сумма, руб.<br>Базовый вариант | Сумма, руб.<br>Проектируемый<br>вариант |
|---|--------------------------------|---|
| Заработная плата с начислениями                   | 406,8                          | 153,4                                   |
| Затраты на технологическую электроэнергию         | 11,0                           | 10,5                                    |
| Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования | 16,6                           | 60,8                                    |
| Затраты на эксплуатацию оснастки                  | 56,3                           | 0                                       |
| Затраты на инструмент                             | 101,6                          | 29,7                                    |
| Итого   | 592,3                          | 254,4                                   |

### *Определение годовой экономии от изменения техпроцесса*

Одним из основных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия, полученная в результате снижения себестоимости:

$$\mathcal{E}_{год} = (C_{б} - C_{пр}) \cdot N_{год},$$

где  $C_{б}$ ,  $C_{пр}$  – технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, руб.;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_{год} = (592,3 - 254,4) \cdot 1750 = 591325 \text{ руб.}$$

### *Анализ уровня технологии производства*

Анализ уровня технологии производства являются составляющей частью анализа организационно-тематического уровня производства.

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{оп} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\%,$$

(35)

где  $T^t$  – штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

$T$  – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (35) по базовому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(16K20) = \frac{0,93}{1,94} \cdot 100\% = 47,9\%;$$

$$Y_{\text{оп}}(3K227B) = \frac{0,25}{1,94} \cdot 100\% = 12,9\%;$$

$$Y_{\text{оп}}(2H55) = \frac{0,76}{1,94} \cdot 100\% = 39,2\%;$$

По проектируемому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(\text{CAT400}) = \frac{0,74}{0,74} \cdot 100\% = 100\%.$$

### *Доля прогрессивного оборудования*

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле [21]:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (36)$$

где  $g_{\text{пр}}$  – количество единиц прогрессивного оборудования,  $g_{\text{пр}}=1$  шт.;

$g_{\Sigma}$  – общее количество использованного оборудования,  $g=1$  шт.

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{1} \cdot 100\% = 100\%.$$

Определим производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{\text{вн}} \cdot 60}{t},$$

где  $F_p$  – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$\kappa_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{44,15} = 2747,9 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 74   |

$$B_6 = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{116,4} = 1042,2 \text{ шт/чел.год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{пр} - B_6}{B_6} \cdot 100\%,$$

где  $B_{пр}$ ,  $B_6$  – производительность труда соответственно проектируемого и базового вариантов.

$$\Delta B = \frac{2747,9 - 1042,2}{1042,2} \cdot 100\% = 164\%$$

В таблице 29 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 29 - Техничко-экономические показатели проекта

| Наименование показателей                                 | Ед. изм.    | Значения показателей |                   | Изменение показателей |
|--|-------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
|  |             | базовый вариант      | проектный вариант |                       |
| Годовой выпуск деталей                                   | шт.         | 850                  | 1750              | +900                  |
| Количество видов оборудования                            | шт.         | 3                    | 1                 | -2                    |
| Количество рабочих                                       | чел.        | 1                    | 1                 | -                     |
| Сумма инвестиций   | т. руб.     |                      | 1747,9            |                       |
| Трудоёмкость обработки одной детали                      | н/ч         | 1,94                 | 0,74              | -1,2                  |
| Технологическая себестоимость одной детали, в том числе: | руб.        | 592,3                | 254,4             | -337,9                |
| - затраты на инструмент                                  |             | 101,6                | 29,7              | -71,9                 |
| - заработная плата рабочих                               |             | 406,8                | 153,4             | -253,4                |
| Доля прогрессивного оборудования                         | %           | 0                    | 100               | 100                   |
| Производительность труда                                 | шт/чел. год | 1042,2               | 2747,9            | +1705,7               |
| Рост производительности труда                            | %           | 100                  | 264               | +164                  |
| Средний коэффициент загрузки оборудования                |             | 0,164                | 0,277             | +0,113                |
| Годовой экономический эффект                             | тыс. руб.   |                      | 591,325           |                       |
| Срок окупаемости   | года        |                      | 3                 |                       |

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 2,3 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 75   |

оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии.

Рост производительности труда обуславливает увеличение объема выпуска продукции с 850 шт. до 1750 шт. в год, что при неизменных материальных и трудовых затратах также ведет к снижению себестоимости продукции.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Втулка водяного насоса», расчета снижения трудоемкости технологического процесса и роста производительности труда, связанных с внедрением в производство более эффективного металлообрабатывающего оборудования был получен годовой экономический эффект в размере 591,325 т. руб. и срок окупаемости проекта 3 года.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 76   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1. Вводная часть

Тема дипломного проекта «Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Втулка водяного насоса». На заводе устанавливается прогрессивное, высокопроизводительное оборудование, такое, как станки с программным управлением, многооперационные станки.

В настоящее время станки с программным управлением (ПУ) и промышленные роботы нашли широкое применение. Внедрение станков с ЧПУ является одним из главных направлений автоматизации среднесерийного производства.

В станках с ЧПУ сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата. В результате внедрения станков с ЧПУ происходит повышение производительности труда, создаются условия для многостаночного обслуживания. Подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, сокращаются её сроки, упрощается переход на новый вид изделия вследствие заблаговременной подготовки программы, что имеет большое значение в условиях рыночной экономики.

На станках с ПУ целесообразно изготавливать детали сложной конфигурации, при обработке которых необходимо перемещение рабочих органов по нескольким координатам одновременно, а также детали с большим количеством переходов обработки. На этих станках можно изготавливать детали, конструкция которых часто видоизменяется.

Применение станков с ЧПУ позволяют решить ряд социальных проблем:

- улучшение условий труда рабочих-станочников;
- значительно уменьшить долю тяжелого ручного труда.

В связи с этим требуется подготовка квалифицированных рабочих.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 77   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Для обслуживания высокоавтоматизированного оборудования в системе подготовки кадров на предприятии в учебном центре проходят переподготовку рабочие, проработавшие на предприятии определенное время и имеющие опыт работы на производстве по профессии Станочник, на профессию - «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ, прошедшие полный курс обучения, сдают квалификационные экзамены, в которые включаются выполнение производственных работ и проверка технических знаний, после чего им присваивается 3-й разряд. Операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ, получившие разряд, смогут работать на различных станках с ЧПУ.

Цель разработки методической части: разработать учебную программу для переподготовки Станочников по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» третьего разряда и разработать занятие теоретического обучения для данной переподготовки.

Цель разработки определяет ее следующие задачи:

1. Описать условия организации и поведения учебного процесса на базе "Регионального межотраслевого центра дополнительного профессионального образования" ПАО "МЗиК"
2. Провести сравнительный анализ профессионального стандарта, ориентированного на подготовку рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» на уровне третьего разряда.
3. Разработать учебно-тематический план переподготовки станочников четвертого разряда по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» на уровне третьего разряда.
4. Выбрать тему и разработать по теме перспективно-тематический план.
5. Выбрать занятие и разработать план занятия, план-конспект и методическое обеспечение к учебному занятию.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 78   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## **5.2. Описание условий обучения в "Региональном межотраслевом центре дополнительного профессионального образования" на базе ПАО "МЗиК"**

"Региональный межотраслевой центр дополнительного профессионального образования" создан в 2009 году на базе ПАО "МЗиК" и является его структурным подразделением.

Центр ДПО расположен в административном здании предприятия с общей площадью более 600 м<sup>2</sup>.

### **Цель работы:**

Основными целями деятельности Центра ДПО является обучение рабочих для предприятий оборонно-промышленного комплекса (далее ОПК) и обеспечение функционирования, совместно с Правительством Свердловской области и Союзом оборонных предприятий системы дополнительного профессионального образования работников предприятий оборонно-промышленного комплекса для развития их кадрового ресурса в условиях технического, технологического перевооружения и инновационного развития, реализации инвестиционных проектов.

### **Задачи:**

1. Формирование системы дополнительного профессионального образования работников предприятий оборонно-промышленного комплекса в составе:

- центр по организации процесса дополнительного профессионального образования работников предприятий оборонно-промышленного комплекса и проведению обучения

- учебно-методическая и учебно-производственная база ВУЗов и других образовательных учреждений – участников системы дополнительного профессионального образования;

- технологическая база передовых предприятий оборонно-промышленного комплекса – участников системы дополнительного

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 79   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



профессионального образования.

2. Формирование системы комплектования контингента обучающихся по программам дополнительного профессионального образования и программам профессиональной подготовки за счет:

- рабочих и специалистов предприятий входящих в состав ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей» оборонно-промышленного комплекса Свердловской области и предприятий других отраслей промышленности города Екатеринбурга и Свердловской области;

- лиц, состоящих на учете в центрах занятости;

- студентов и выпускников образовательных учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования.

В Центре ДПО работают высококвалифицированные и опытные преподаватели, руководители практики, мастера производственного обучения, инструкторы производственной практики. Центром ДПО поддерживается постоянная связь со службой занятости населения.

Для обеспечения качественного процесса обучения - Центр ДПО имеет учебно-материальную базу в составе:

- учебные кабинеты, лаборатории, компьютерные классы;

- высокотехнологичное современное оборудование в цехах предприятия, привлекаемое к учебному процессу в соответствии с порядком использования производственного и технологического оборудования предприятия в образовательном процессе;

- учебно-методический кабинет,

- техническую библиотеку, читальный зал;

- кабинеты для сотрудников Центра, помещение для преподавателей;

- медицинский пункт;

- столовую;

- бытовые и другие помещения.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 80   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Все помещения оборудованы в соответствии с действующими нормативами и санитарными правилами.

С целью повышения эффективности обучения по отработке навыков работы на погрузчиках, спецтехнике, а также для повышения уровня охраны труда и промышленной безопасности, обустроен учебный полигон (трактородром) с площадью 2000м<sup>2</sup>.

В торгово-выставочном центре оборудован совмещенный класс по устройству основных механизмов выпускаемых погрузчиков: приборов, аппаратуры, учебно-наглядных пособий, подборка методической и технической литературы. Выставленные действующие образцы техники. Оборудован отдельный ангар для выполнения заданий водителей погрузчика (бетонированный, освещенный, с вентиляцией) в составе:

- стенд гидравлический с регулируемым углом наклона,
- смотровая яма,
- эстакада.

#### **Методическое сопровождение:**

На сегодняшний день Центре ДПО располагает следующими средствами обучения:

- оборудованный класс технического обучения;
- современные наглядные технические средства;
- учебные программы разработаны ФГУ «ВНИИ охраны и экономики труда», согласованы с МТУ Ростехнадзора по УрФО;
- техническая библиотека – порядка 30 000 экз.

#### **Для учащихся:**

Центре ДПО предоставляет студентам и учащимся учреждений СПО и ВПО возможность прохождения ознакомительной, производственной и преддипломной практик с последующим трудоустройством.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 81   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

### 5.3. Анализ профессионального стандарта

Профессия – Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Квалификация - 3-ий разряд

Согласно Профессиональному стандарту, утвержденному приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «4» августа 2014г. № 530н, Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением должен иметь:

-образование и обучение - Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)

-опыт практической работы - Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

В таблице 30 приведено описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 30 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

| Обобщенные трудовые функции  |                         | Трудовые функции  |        |   |
|--|-------------------------|---|--------|---|
| Наименование   | уровень<br>квалификации | наименование  | код    | уровень<br>(подуровень)<br>квалификации |
| 1  | 2                       | 3   | 4      | 5                                       |
| Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей | 2                       | Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 классам | A/01.2 | 2                                       |
|  |                         | Установка деталей в универсальных и специальных   | A/03.2 | 2                                       |

Продолжение таблицы 30

| 1   | 2 | 3   | 4      | 5 |
|---|---|---|--------|---|
|   |   | приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях  |        |   |
|   |   | Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)                   | A/04.2 | 2 |
|   |   | Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы                                   | A/05.2 | 2 |
|   |   | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам   | A/06.2 | 2 |
|   |   | Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании   | A/07.2 | 2 |
| Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности | 3 | Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам | B/01.3 | 3 |
|   |   | Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)   | B/02.3 | 3 |
|   |   | Установка деталей в приспособлениях и на столе станка   | B/03.3 | 3 |

## Окончание таблицы 30

| 1  | 2 | 3   | 4      | 5 |
|--|---|---|--------|---|
|  |   | с выверкой их в различных плоскостях  |        |   |
|  |   | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам  | В/04.3 | 3 |
| Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей | 4 | Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше | С/01.4 | 4 |
|  |   | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше                                    | С/02.4 | 5 |

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности», т.к. деталь «Втулка водяного насоса», рассматриваемая в дипломном проекте, может быть отнесена к деталям невысокой степени сложности. Данная трудовая функция, согласно Стандарту имеет код В/01.3 и принадлежит третьему уровню квалификации. Анализ приведен в таблице 31.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

Таблица 31 - Анализ трудовой функции

**Обобщенная трудовая функция**

|              |   |     |   |                      |   |
|--------------|---|-----|---|----------------------|---|
| Наименование | Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности | Код | В | Уровень квалификации | 3 |
|--------------|---|-----|---|----------------------|---|

|   |  |                           |               |   |
|---|--|---------------------------|---------------|---|
| Происхождение обобщенной трудовой функции | Оригинал <input checked="" type="checkbox"/> | Заимствовано из оригинала |               |   |
|   |  |                           | Код оригинала | Регистрационный номер профессионального стандарта |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Возможные наименования должностей | <p>Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд)</p> <p>Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд)</p> <p>Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд)</p> <p>Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации</p> <p>Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации</p> <p>Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации</p> |
|-----------------------------------|---|

|  |   |
|--|---|
| Требования к образованию и обучению    | Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)  |
| Требования к опыту практической работы | Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»   |
| Особые условия допуска к работе        | <p>Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке</p> <p>Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте</p> |

Дополнительные характеристики

| Наименование классификатора | код    | Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности          |
|-----------------------------|--------|---|
| ОКЗ                         | 7223   | Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования |
| ЕТКС                        | §45    | Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд         |
| ОКНПО                       | 010703 | Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением                    |

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции:

Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам

Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)

Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях

Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам

Выберем трудовую функцию – «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 32.

Таблица 32 – Анализ трудовой функции «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам»

|              |  |     |        |                                   |   |
|--------------|--|-----|--------|-----------------------------------|---|
| Наименование | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам | Код | В/04.3 | Уровень (подуровень) квалификации | 3 |
|--------------|--|-----|--------|-----------------------------------|---|

|                                |          |   |                           |               |   |
|--------------------------------|----------|---|---------------------------|---------------|---|
| Происхождение трудовой функции | Оригинал | X | Заимствовано из оригинала |               |   |
|                                |          |   |                           | Код оригинала | Регистрационный номер профессионального стандарта |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Трудовые действия     | Трудовые действия по трудовой функции код В/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам»    |
|                       | Обработка отверстий в деталях по 7–8 квалитетам   |
|                       | Обработка поверхностей деталей по 7–8 квалитетам  |
| Необходимые умения    | Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документацией станка и инструкции по наладке |
|                       | Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции   |
|                       | Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам  |
| Необходимые знания    | Необходимые знания по трудовой функции код В/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам»   |
| Другие характеристики | -   |

В итоге анализа данной трудовой функции можно проанализировать учебный план повышения квалификации Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в "Региональном межотраслевом центре дополнительного профессионального образования" на базе ПАО "МЗиК".



#### 5.4. Анализ учебного плана повышения квалификации Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ

Учебный план повышения квалификации состоит из теоретической части (118 академических часов) и производственного обучения (186 часов).

Срок обучения – 3 месяца

Операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ, прошедшие полный курс обучения, сдают квалификационные экзамены, в которые включаются проверка теоретических знаний и выполнение производственных работ, после чего им присваивается 3-й разряд.

Таблица 33 - Учебный план повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением» на 3-й разряд

| №<br>п/п  | Предметы   | Недели         |     |     |    | Всего<br>часов за<br>курс<br>обучения |
|-----------|--|----------------|-----|-----|----|---------------------------------------|
|           |  | 1-2            | 3-5 | 6-7 | 8  |                                       |
|           |  | часов в неделю |     |     |    |                                       |
| 1         | 2  | 3              | 4   | 5   | 6  | 7                                     |
| <b>I</b>  | <b>Теоретическое обучение</b>                              |                |     |     |    |                                       |
|           | <b>Общепрофессиональный цикл</b>                           |                |     |     |    |                                       |
| 1.1       | Основы рыночной экономики и предпринимательства            | 3              | 2   | -   | -  | 12                                    |
| 1.2       | Материаловедение   | 1              | 2   | -   | -  | 8                                     |
| 1.3       | Чтение чертежей  | 1              | 2   | -   | -  | 8                                     |
| 1.4       | Допуски и технические измерения                            | 4              | -   | -   | -  | 8                                     |
| 1.5       | Сведения из технической механики и гидравлики и автоматики | 4              | -   | -   | -  | 8                                     |
| 1.6       | Электротехника с основами промышленной электроники         | 1              | 2   | -   | -  | 8                                     |
|           | <b>Профессиональный цикл</b>                               | 12             | 14  | -   | -  | 66                                    |
| <b>II</b> | <b>Производственное обучение</b>                           | 16             | 16  | 40  | 24 | 184                                   |
|           | Консультации   | -              | -   | -   | 8  | 8                                     |
|           | Квалификационный экзамен                                   | -              | -   | -   | 8  | 8                                     |
|           | <b>ИТОГО:</b>  | 40             | 40  | 40  | 40 | 320                                   |

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 88   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Далее приведем тематический план Профессионального цикла с указанием названий тем и количеством часов. На данный цикл учебным планом отведено 66 часов.

Таблица 34 - Тематический план Профессионального цикла

| № п/п | Темы  | Кол-во часов |
|-------|---|--------------|
|       |   | 3 й разряд   |
| 1     | Введение  | 2            |
| 2     | Гигиена труда, производственная санитария и профилактика травматизма                          | 2            |
| 3     | Охрана труда, электробезопасность и пожарная безопасность на предприятии                      | 4            |
| 4     | Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы | 20           |
| 5     | Методы подготовки управляющих программ. Основные блоки и узлы УЧПУ                            | 6            |
| 6     | Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ             | 14           |
| 7     | Наладка и эксплуатация станков с программным управлением                                      | 12           |
| 8     | Подъемно-транспортное оборудование, применяемое при обработке тяжелых заготовок деталей       | 4            |
| 9     | Охрана окружающей среды   | 2            |
|       | ИТОГО:  | 66           |

В таблице 35 покажем взаимосвязь тематики обучения с требованиями профессионального стандарта, обусловленными теми трудовыми действиями, которые выполняет рабочий по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Таблица 35 - Взаимосвязь тематики обучения с требованиями профессионального стандарта

| № п/п    | Предметы  | Всего часов за курс обучения | Формируемые знания и умения по трудовой функции  |
|----------|---|------------------------------|--|
| 1        | 2   | 3                            | 4  |
| <b>I</b> | <b>Теоретическое обучение</b>                   |                              |  |
| 1.1      | Основы рыночной экономики и предпринимательства | 12                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Овладение умениями получать и критически осмысливать экономическую информацию, анализировать, систематизировать полученные данные, подходить к событиям общественной и политической жизни с экономической точки зрения</li> <li>• Освоение способов познавательной, коммуникативной, практической деятельности, необходимых для участия в экономической жизни общества и государства</li> <li>• Формирование опыта применения полученных знаний и умений для будущей работы в качестве наемного работника и эффективной самореализации в экономической сфере</li> </ul> |
| 1.2      | Материаловедение                                | 8                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знать физические основы материаловедения, технологии получения и обработки машиностроительных материалов;</li> <li>• Уметь выбрать материалы с учетом условий функционирования оборудования;</li> </ul>   |
| 1.3      | Чтение чертежей и схем                          | 8                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• читать чертежи и схемы;</li> <li>• правильно выполнять эскизы и рабочие чертежи обрабатываемых деталей;</li> <li>• производить выборку материалов и спецификацию по чертежам и схемам;</li> <li>• определять способы и технологию обработки детали по чертежу.</li> </ul>   |
| 1.4      | Допуски и технические измерения                 | 8                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документацией станка и инструкции по наладке</li> <li>• контролировать качество выполняемых работ.</li> </ul>  |

Продолжение таблицы 35

| 1                            | 2  | 3  | 4  |
|------------------------------|--|----|--|
| 1.5                          | Сведения из технической механики и гидравлики и автоматики           | 8  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Оценивать степени совершенства конструкции детали, механизма по критериям работоспособности;</li> <li>•знать:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-законы механического движения и равновесия;</li> <li>-методы расчета элементов конструкции на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;</li> <li>-методы механических испытаний материалов;</li> </ul> </li> <li>•уметь:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-анализировать механическое движение и определять вид движения элементов конструкций;</li> <li>-проводить расчеты элементов конструкции на прочность и жесткость при различных видах нагружений;</li> <li>-использовать нормативную и техническую документацию при технических работах.</li> </ul> </li> </ul> |
| 1.6                          | Электротехника с основами промышленной электроники                   | 8  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться электрифицированным оборудованием</li> <li>• анализировать электрические цепи и электромагнитные поля с использованием аналитических и численных методов;</li> <li>• использование стандартной терминологии, определений, обозначений и единиц физических величин; оформления чертежей и электрических схем.</li> </ul>  |
| Итого                        |  | 52 |  |
| <b>Профессиональный цикл</b> |  |    |  |
| 1                            | Введение   | 2  |  |
| 2                            | Гигиена труда, производственная санитария и профилактика травматизма | 2  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять методы и средства защиты от опасностей технических систем и технологических процессов;</li> <li>• обеспечивать безопасные условия труда в профессиональной деятельности;</li> <li>• анализировать травмоопасные и вредные факторы в профессиональной деятельности;</li> <li>• использовать экибиозащитную технику.</li> </ul>   |
| 3                            | Охрана труда, электробезопасность                                    | 4  | •Знать основные принципы организации охраны труда  |

Продолжение таблицы 35

| 1 | 2   | 3  | 4   |
|---|---|----|---|
|   | и пожарная безопасность на предприятии  |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Знать и соблюдать правила и нормы техники безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии</li> </ul>   |
| 4 | Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы | 20 | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Знать классификацию станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы</li> <li>•понимать устройство и принцип действия станков;</li> <li>•знать способы правильной установки, закрепления обрабатываемых деталей и их качественной обработки;</li> </ul>  |
| 5 | Методы подготовки управляющих программ. Основные блоки и узлы УЧПУ                            | 6  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке.</li> <li>• подготавливать управляющие программы обработки деталей</li> </ul>   |
| 6 | Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ             | 14 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Устанавливать технологическую последовательность обработки;</li> <li>Выполнять подбор режущего, контрольно-измерительного инструмента и приспособлений по технологической карте.</li> <li>• Разрабатывать и корректировать управляющие программы обработки деталей на станках с ЧПУ .</li> </ul>   |
| 7 | Наладка и эксплуатация станков с программным управлением                                      | 12 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке</li> <li>• Пользоваться инструкцией по настройке обрабатывающих центров: базирование и закрепление заготовки; совмещение нуля станка и нуля программы.</li> <li>• Выбирать режущий и вспомогательный инструмент для обработки детали на обрабатывающих центрах.</li> <li>• Выбирать приспособления для настройки инструмента на размер вне станка.</li> <li>• Уметь распознавать нарушения</li> </ul> |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | автоматического цикла, их причину и устранять неисправности. |
|--|--|--|--|

### Окончание таблицы 35

| 1         | 2   | 3   | 4  |
|-----------|---|-----|--|
| 8         | Подъемно-транспортное оборудование, применяемое при обработке тяжелых заготовок деталей | 4   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Уметь подавать команды при установке и снятии со станка тяжелых деталей.</li> </ul>   |
| 9         | Охрана окружающей среды   | 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи;</li> <li>• осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы</li> <li>• анализировать информацию о новых технологиях и аппаратах очистки для систем защиты окружающей среды</li> </ul> |
| Итого     |   | 66  |  |
| <b>II</b> | <b>Производственное обучение</b>  | 186 | <p>Выполнять наладку на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления;</p> <p>Выполнять обработку деталей средней сложности с применением различного режущего инструмента.</p>   |
|           | Консультации  | 8   |  |
|           | Квалификационный экзамен  | 8   |  |
|           | <b>ИТОГО:</b>   | 320 |  |

Для дальнейшей разработки выберем из тематического плана раздел 4 «Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы» и проведем его методический анализ.

### **5.5. Анализ содержания темы «Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы» и перспективно-тематическое планирование учебного процесса**

На раздел 4 «Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы» отведено 20 академических часов. Приведем содержание раздела.

**Общие сведения о металлорежущих станках** и их классификация (по специализации, по точности, по массе, по виду выполняемых работ и применяемых режущих инструментов). Условные обозначения моделей серийно выпускаемых станков.

Понятие об устройстве и принципе работы металлорежущих станков. Типовые детали и механизмы станков: приводы, станины и направляющие, шпиндели, коробки передач, их конструктивные особенности и назначение.

Металлорежущие станки с программным управлением, их особенности, назначение, общее устройство и применение. Классификация станков по принципам программного управления, виду основной обработки, количеству совмещенных технологических операций и способу смены инструмента.

Числовое программное управление станками. Структурная схема системы ЧПУ. Управляющая программа (УП) и ее назначение. Информация в УП. Виды программносителей и способы кодирования информации на программноситель. Считывание информации с УП.

**Токарная группа станков с ЧПУ.** Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением. Кинематические схемы.

Точность токарных станков с ЧПУ и ее обеспечение. Органы управления и настройка токарного станка. Приспособления для закрепления деталей при обработке. Оснастка для токарных станков с ЧПУ.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 94   |

Техническое обслуживание токарных станков с ЧПУ. Основные требования по обслуживанию токарных станков с ЧПУ. Примеры обработки по программе. Возможные неисправности в работе станков, их устранение.

Правила безопасности труда при эксплуатации токарных станков с программным управлением.

#### **Фрезерная группа станков с программным управлением.**

Конструктивные особенности фрезерных станков с программным управлением. Кинематические схемы. Автоматизация формообразующих движений. Контурные и прямоугольные системы программного управления.

Точность фрезерных станков с программным управлением.

Приспособления для закрепления деталей при фрезеровании и их установка на станке. Технологические спутники - оснастка, повышающая производительность труда и снижающая себестоимость продукции.

Особенности режущего инструмента и технологическая оснастка для его закрепления на фрезерных станках с программным управлением.

Особенности гидропривода фрезерных станков с программным управлением.

Правила обслуживания, наладка и настройка фрезерных станков с программным управлением. Основные требования по обслуживанию, возможные неисправности и их устранение.

Правила безопасности труда при эксплуатации фрезерных станков с программным управлением.

**Сверлильно-расточная группа станков с ЧПУ.** Особенности обработки на станках сверлильно-расточной группы. Элементы программного управления в вертикально-сверлильных станках. Компонировка радиально-сверлильного станка с программным управлением и его конструктивные особенности. Кинематические схемы. Инструментальный стеллаж.

Программное управление в расточных станках.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 95   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



Основные неисправности в работе станков с ЧПУ данной группы и меры по их предупреждению и устранению.

Правила безопасности труда при эксплуатации станков сверлильно-расточной группы с программным управлением.

**Многооперационные станки с ЧПУ (типа обрабатывающий центр).**

Основные особенности станков для многооперационной обработки. Конструктивные особенности и узлы многооперационных станков с ЧПУ.

Разделим тему на 10 занятий теоретического обучения, продолжительностью по 2 академических часа каждый.

Занятие 1. Общие сведения о металлорежущих станках и их классификация, особенности, назначение, общее устройство и применение. Числовое программное управление станками.

Занятие 2. Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением.

Занятие 3. Точность токарных станков с ЧПУ и ее обеспечение. Органы управления и настройка токарного станка. Приспособления для закрепления деталей при обработке. Оснастка для токарных станков с ЧПУ.

Занятие 4. Техническое обслуживание токарных станков с ЧПУ.

Занятие 5. Конструктивные особенности фрезерных станков с программным управлением.

Занятие 6. Приспособления для закрепления деталей при фрезеровании и их установка на станке. Технологические спутники. Особенности режущего инструмента и технологическая оснастка.

Занятие 7. Особенности гидропривода фрезерных станков с программным управлением. Правила обслуживания, наладка и настройка.

Занятие 8. Особенности обработки на станках сверлильно-расточной группы. Элементы программного управления. Компоновка.

Занятие 9. Программное управление в расточных станках.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 96   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Занятие 10. Основные особенности станков для многооперационной обработки. Конструктивные особенности и узлы многооперационных станков с ЧПУ.

Рассмотренный раздел ориентирован на формирование знаний об основных особенностях, классификации, назначении, общем устройстве и применении металлорежущих станков токарной, фрезерной, сверлильно-расточной группы и многооперационных станков с ЧПУ (типа обрабатывающий центр).

Далее разработаем фрагмент перспективно-тематического плана изучения данного раздела.

Цель перспективно-тематического планирования:

1. Определить систему работы преподавателя и обучаемых, обеспечив ее целенаправленность и педагогически целесообразное и экономное использование учебного времени для решения важнейших учебно-воспитательных задач;
2. Разработать систему занятий с эффективной реализацией принципов дидактики;
3. Выстроить научно обоснованную систему методов теории развивающего обучения;
4. Разработать систему наглядных пособий, средств и форм организации познавательной деятельности студентов;
5. Наметить оптимальные пути реализации основных функций учебно-воспитательного процесса - обучающей, развивающей, воспитывающей.

Планирование предполагает включение в учебный процесс всех его основных звеньев: актуализация материала, сообщение нового материала, систематизация, закрепление и совершенствование знаний обучаемых, практическое применение усвоенного учебного материала, формирование у обучаемых умений и навыков, контроль за качеством знаний, умений и навыков.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 97   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Отбор содержания программного материала - важнейший компонент перспективно-тематического планирования. Здесь: вычленяются ведущие идеи, понятия, закономерности, мировоззренческие идеи, значимые факторы, исторические, политические, практические сведения. Важно предусмотреть связь с ранее изученным и логику объяснения материала. Установить, какие новые знания, умения и навыки должны усвоить студенты, последовательность их формирования. Такая форма планирования помогает разнообразить методику ведения занятий, продумывать формы организации учебной деятельности, виды самостоятельной работы студентов.

Чрезвычайно важным является распределение времени на организующую, контролирующую и информационную части занятия.

Перспективный план занятия - своего рода организационный чертеж программного материала, где учтены все компоненты системы занятий, рассчитана логика учебного процесса, соблюдена преемственность содержания и методов обучения, проектируется формирование личности будущего специалиста, здесь реализуется принцип педагогического предвидения. Компоненты плана преподаватель определяет в зависимости от учебной дисциплины и содержания программного материала темы, учебно-материальной базы кабинета, уровня подготовки студентов. План является связующим элементом в системе учебно-планирующей документации между развернутым учебным планом и планами отдельных занятий теоретического обучения.

Таблица 36 - Перспективно-тематический план раздела «Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы»

| № занятия п\п ч. | Тема занятия  | Цели занятия   | Методы обучения   | Тип занятия                   | Способ организации | ДСО   | Д/З                       |
|------------------|---|--|---|-------------------------------|--------------------|---|---------------------------|
| 1                | 2   | 3  | 4   | 5                             | 6                  | 7   | 8                         |
| 1<br>(2ч)        | Общие сведения о металлорежущих станках и их классификация, особенности, назначение, общее устройство и применение. Числовое программное управление станками. | Обучающая:<br>-сформировать знания об основных сведениях о металлорежущих станках и их классификации, особенностях, назначении, общем устройстве и применении;<br>-сформировать знания о числовом программном управлении станками.<br>Развивающая: развивать у обучаемых умение анализировать, сравнивать, давать оценку возможностям современного оборудования.<br>Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность. | рассказ, беседа, демонстрация презентации                     | Занятие усвоения новых знаний | Фронтальный        | Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды                         | Повторить новый материал  |
| 2<br>(2ч)        | Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением.   | Обучающая<br>- сформировать знания о конструктивных особенностях и узлах токарных станков с программным управлением.<br>Развивающая:<br>- развивать техническую речь учащихся, абстрактное мышление. Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность.  | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования | Урок усвоения новых знаний    | Фронтальный        | Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, токарный станок с ЧПУ  | Повторить новый материал. |
| 3<br>(2ч)        | Точность токарных станков с ЧПУ и ее обеспечение. Органы  | Обучающая<br>- сформировать знания о точности токарных станков с ЧПУ и ее обеспечении. - сформировать знания об органах управления и настройке токарного станка.<br>- сформировать знания о приспособлениях для  | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ              | Урок усвоения новых знаний    | Фронтальный        | Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, токарный станок с ЧПУ, | Повторить новый материал. |

Продолжение таблицы 36

| 1         | 2   | 3   | 4   | 5                          | 6           | 7   | 8                        |
|-----------|---|---|---|----------------------------|-------------|---|--------------------------|
|           | управления и настройка токарного станка. Приспособления для закрепления деталей при обработке. Оснастка для токарных станков с ЧПУ. | закрепления деталей при обработке.<br>- сформировать знания об оснастке для токарных станков с ЧПУ.<br>Развивающая:<br>- Развивать у учащихся осознание полезности, значимости изучения материала по данной теме<br>Воспитательная:<br>- воспитать сознательное отношение к учебе   | оборудования  |                            |             | приспособления, оснастка  |                          |
| 4<br>(2ч) | Техническое обслуживание токарных станков с ЧПУ.  | Обучающая<br>- сформировать знания о техническом обслуживании токарных станков с ЧПУ.<br>Развивающая:<br>- Развить профессиональные и познавательные интересы и способности<br>Воспитательная:<br>- Воспитывать у учащихся интерес к новым знаниям  | рассказ, беседа, демонстрация презентации                     | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный | Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, схемы             | Повторить новый материал |
| 5<br>(2ч) | Конструктивные особенности фрезерных станков с программным управлением.   | Обучающая<br>- сформировать знания о конструктивных особенностях фрезерных станков с программным управлением.<br>Развивающая:<br>Формирование и развитие у учащихся познавательных интересов, положительных мотивов учебно – познавательной деятельности, умений и навыков самостоятельного овладения знаниями, творческой инициативы и активности<br>Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность<br>- способствовать развитию логического мышления | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный | Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, фрезерный станок с ЧПУ | Повторить новый материал |

Продолжение таблицы 36

| 1         | 2  | 3   | 4   | 5                          | 6           | 7   | 8                         |
|-----------|--|---|---|----------------------------|-------------|---|---------------------------|
| 6<br>(2ч) | Приспособления для закрепления деталей при фрезеровании и их установка на станке. Технологические спутники. Особенности режущего инструмента и технологическая оснастка. | Обучающая<br>- сформировать знания о приспособлениях для закрепления деталей при фрезеровании и их установке на станке. - сформировать знания о технологических спутниках.<br>- сформировать знания об особенностях режущего инструмента и технологической оснастке.<br>Развивающая:<br>- Развивать у учащихся осознание полезности, значимости изучения материала по данной теме<br>Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность. | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования . | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный | Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, фрезерный станок с ЧПУ, приспособления, оснастка, технологические спутники, фрезы | Повторить новый материал. |
| 7<br>(2ч) | Особенности гидропривода фрезерных станков с программным управлением. Правила обслуживания, наладка и настройка.   | Обучающая<br>- сформировать знания особенностях гидропривода фрезерных станков с программным управлением.<br>- сформировать знания о правилах обслуживания, наладке и настройке.<br>Развивающая:<br>- развивать техническую речь учащихся, абстрактное мышление. Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность.   | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования . | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный | Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, фрезерный станок с ЧПУ  | Повторить новый материал. |
| 8<br>(2ч) | Особенности обработки на станках сверлильно-расточной группы. Элементы программного управления. Компонировка.  | Обучающая<br>- сформировать знания об особенностях обработки на станках сверлильно-расточной группы.<br>- сформировать знания об элементах программного управления. - сформировать знания о компоновке станков сверлильно-расточной группы.<br>Развивающая:<br>- Развивать пространственное представление и мышление;   | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования   | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный | Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, сверлильно-расточной станок с ЧПУ   | Повторить новый материал. |

Окончание таблицы 36

| 1          | 2   | 3  | 4  | 5                          | 6                           | 7  | 8                         |
|------------|---|--|--|----------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|
|            |   | Воспитательная:<br>- Воспитывать у учащихся интерес к новым знаниям  |  |                            |                             |  |                           |
| 9<br>(2ч)  | Программное управление в расточных станках.   | Обучающая<br>- сформировать знания о программном управлении в расточных станках.<br>Развивающая:<br>- развивать техническую речь учащихся, абстрактное мышление.<br>Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность.   | рассказ, беседа, демонстрация презентации, самостоятельная работа с листами рабочей тетради. | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный, индивидуальный | Учебное пособие, слайды, раздаточный материал, листы рабочей тетради | Повторить новый материал  |
| 10<br>(2ч) | Основные особенности станков для многооперационной обработки. Конструктивные особенности и узлы многооперационных станков с ЧПУ | Обучающая<br>- сформировать знания об основных особенностях станков для многооперационной обработки. - сформировать знания о конструктивных особенностях и узлах многооперационных станков с ЧПУ - Развивать у учащихся осознание полезности, значимости изучения материала по данной теме<br>Воспитательная:<br>- воспитывать внимательность, аккуратность. | рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования .                              | Урок усвоения новых знаний | Фронтальный                 | Учебное пособие, слайды, обрабатывающий центр                        | Повторить новый материал. |

В дипломной работе из перспективно-тематического плана выберем тему «Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением». На эту тему отводится 2 часа.

Задачей методической части дипломного проекта является разработка методики проведения занятия теоретического обучения для подготовки Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ 3-го разряда. Для данного проекта это будет переобучение рабочего станочника на оператора станка с ЧПУ.

В дипломном проекте разработанный технологический процесс предусматривает применение токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4, в связи с этим предлагаю расширить содержание урока и рассмотреть в качестве примера конструкцию, особенности и принцип действия токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4.

#### **5.6. Разработка плана учебного занятия по теме «Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением»**

Тема урока «Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением»

Цели урока.

*Обучающая:*

- сформировать знания о конструктивных особенностях и узлах токарных станков с программным управлением.

*Развивающая:*

- развивать техническую речь учащихся, абстрактное мышление.

*Воспитательная:*

- воспитывать внимательность, аккуратность.

Тип урока - урок усвоения новых знаний

Методы обучения - рассказ, беседа, демонстрация презентации, показ оборудования.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 103  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



Средства обучения - учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, токарный центр с ЧПУ САТ400С10Ф4, приспособления, оснастка

Время, отведенное на урок: 2 академических часа

Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке представлена в таблице 37.

Таблица 37- Модель деятельности преподавателя и учащихся на уроке

| № этапа | Наименование этапа урока             | Время этапа урока (мин) | Деятельность преподавателя  | Деятельность учащихся  |
|---------|--------------------------------------|-------------------------|---|--|
| 1       | Организационная часть                | 5                       | - приветствие<br>- проверка присутствующих и внешнего вида учащихся<br>- сообщение темы и цели урока  | Приветствуют преподавателя.<br>Участвуют в переключке.<br>Слушают, записывают тему урока.                              |
| 2       | Мотивация                            | 5                       | Рассказывает о важности темы, показывает образцы обработанных на токарном станке с ЧПУ деталей.   | Слушают, смотрят   |
| 3       | Актуализация опорных знаний учащихся | 10                      | Опрос учащихся.<br>Задаёт вопросы, комментирует, поправляет, если требуется, оценивает ответы.  | Вспоминают материал предыдущего урока, отвечают на вопросы преподавателя, слушают, дополняют друг друга.               |
| 4       | Объяснение нового учебного материала | 45                      | Преподаватель, рассказывает новый материал, демонстрирует слайды по ходу рассказа, комментирует, наблюдает как учащиеся воспринимают новый материал.<br>Слайды применяются для более лучшего запоминания материала, т.к. слуховое и визуальное восприятие повышает уровень запоминания на 70 %<br>В процессе изложения преподаватель периодически проходит между рядами, смотрит, | Слушают, воспринимают и осмысливают новый материал.<br>Изучают информацию на слайдах.<br>Конспектируют новый материал. |

### Окончание таблицы 37

| 1 | 2   | 3  | 4   | 5   |
|---|---|----|---|---|
|   |   |    | как конспектируют учащиеся материал, заинтересованы ли они.   |   |
| 5 | Демонстрация токарного центра с ЧПУ САТ400С10Ф4 | 15 | Преподаватель демонстрирует учащимся токарный центр с ЧПУ САТ400С10Ф4, рассказывает о его особенностях, конструкции. Показывает центр в работе.   | Смотрят, слушают, изучают токарный центр, запоминают, наблюдают за обработкой детали. |
| 6 | Закрепление новых знаний                        | 15 | Проводит фронтальный опрос.<br>Задаёт вопросы.<br>Оценивает ответы, если нужно, поправляет учащихся, задаёт наводящие вопросы.<br>Судит по ответам об уровне усвоения нового материала учащимися. | Отвечают устно на вопросы, слушают, дополняют друг друга.                             |
| 7 | Домашнее задание                                | 5  | Повторить пройденный материал.  | Записывают в тетрадь.   |

### Актуализация опорных знаний учащихся

1. Назовите особенности металлорежущих станков с программным управлением.
2. Для чего предназначены металлорежущие станки с программным управлением.
3. Назовите применение металлорежущих станков с программным управлением.
4. Приведите классификацию металлорежущих станков с программным управлением.

### Конспект изложения нового материала

**Тема:** Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением (слайд 1).

Станки с программным управлением для обработки тел вращения относятся к группе токарных станков. Токарные станки по конструкции очень разнообразны, они отличаются как по расположению оси шпинделя (горизонтальное или вертикальное) и направляющих (горизонтальное, вертикальное, наклонное) (слайд 2), так и по количеству используемых в работе инструментов и способам их закрепления на станке (на суппорте, в револьверной головке, в магазине инструментов). Такое конструктивное разнообразие не случайно. Токарные станки с ЧПУ заменяют большую группу различных станков для обработки тел вращения: токарные с ручным управлением, револьверные, гидро- и электрокопировальные полуавтоматы, многорезцовые полуавтоматы с горизонтальной и вертикальной осями шпинделя и др.

Но прежде чем говорить о различиях в конструкциях токарных станков с ЧПУ, постараемся представить себе их общие характерные черты. Как и у токарного станка с ручным управлением, обрабатываемая заготовка получает вращение от шпинделя станка, а режущий инструмент закреплен на суппорте, имеющем формообразующие перемещения по двум координатным направлениям X и Z.

Ось Z совпадает с направлением оси шпинделя, а ось X перпендикулярна ей.

Основной особенностью станка с программным управлением является автоматизация формообразующих движений по двум координатам.

Станкам с более высокой степенью автоматизации присущи другие особенности: многоинструментальность, автоматизация вспомогательных действий, команд и перемещений, наличие корректоров положения инструментов и режимов резания, адаптивные системы (слайд 3).

Многоинструментальность заключается в оснащении станка револьверной головкой или магазином инструментов (слайд 4).

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 106  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Головки могут иметь от трех до восьми инструментов, число инструментов в магазине гораздо больше (от 8 до 20). С помощью шести различных инструментов можно выполнить до 90% всей необходимой токарной обработки разнообразных деталей, встречающихся в машиностроении.

Практически более 10 различных инструментов для обработки одной детали не требуется, наличие большего количества инструментов оправдано в двух случаях: или при точении трудно обрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости, или при частых переналадках для обработки разнотипных деталей; в этом случае большое количество инструментов позволяет применять постоянную инструментальную наладку.

Современные токарные станки с ЧПУ отличаются высокой степенью автоматизации, заключающейся кроме программирования формообразования в автоматическом выполнении различных технологических команд и действий: переключении чисел оборотов шпинделя, изменении скоростей рабочих подач и холостых перемещений, смене инструментов, включении и выключении охлаждения, регулировании расхода охлаждающей жидкости, включении и выключении механизмов стружкодробления и стружкоудаления и т. д.

Коррекция положения — смещение суппорта независимо по каждой из осей — осуществляется на пульте станка или системы ЧПУ (слайд 5). Для коррекции чисел оборотов шпинделя и подач также служат переключатели на том же пульте.

Токарные станки могут иметь горизонтальное (слайд 6) и вертикальное (слайд 7) расположение оси шпинделя.

Количество рабочих шпинделей у станков чаще всего ограничивается одним, двухшпиндельные станки встречаются редко. Количество рабочих суппортов также не превышает двух, чаще всего у станка один суппорт.

По своему назначению станки делятся на *центровые, патронные и патронно-центровые* (слайд 8). Центровые станки имеют заднюю бабку и приспособлены для обработки валов с закреплением их в центрах. Патронные станки предназначены для обработки сравнительно коротких деталей с закреплением их в патроне. Патронно-центровые станки оснащены зажимным патроном и поддержкой для работы с задним центром.

Центровые станки с горизонтальным расположением шпинделя могут быть:

- а) с горизонтальными направляющими,
- б) с вертикальными (наклонными) направляющими (слайд 9).

Отечественные станкостроительные заводы выпускают станки с горизонтальными направляющими 1616ФЗ, 1К62ФЗ, 16А20ФЗС32, 1М63ФЗ, РТ705ФЗ и др. Если для универсального станка горизонтальная компоновка представляется наиболее рациональной, так как зона резания должна быть приближена к рабочему, то для программных станков, для которых это требование не существенно, компоновка с вертикальным или наклонным расположением направляющих находит более широкое применение.

Основным преимуществом вертикального расположения направляющих является легкость схода стружки. Вертикальная компоновка позволяет разместить ходовой винт между направляющими, что не всегда удается сделать при другой конструкции. Такое расположение направляющих способствует получению более высокой точности обработки. С вертикальной компоновкой выпускают центровые и патронно-центровые станки 1Б732ФЗ, 1П732МФЗ, 1П752МФЗ и др.

Токарный станок с ЧПУ любой компоновки и любого назначения состоит из следующих основных узлов и систем (слайд 10): станины, главного привода, двух приводов подач, суппорта, револьверной головки или магазина инструментов, системы смазки, системы охлаждения,

системы ЧПУ, электрооборудования, гидрооборудования (для гидрофицированных станков), задней бабки (для центровых станков), ограждения приспособлений для закрепления обрабатываемого изделия, устройства для закрепления режущих инструментов.

**В качестве примера** рассмотрим токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4 (станкозавод САСТА, РФ) (слайд 11).

Учащимся предлагается пройти в цех и познакомиться с конструкцией, особенностями и работой токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4.

Модель САТ400 является базовой для широкой гаммы станков.

Класс точности станка - В (высокая точность).

Точностные параметры: некруглость обрабатываемых цилиндрических поверхностей до 2 мкм.

Основные характеристики токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4:

- компоновка станка обеспечивает удобный доступ к обрабатываемой детали и свободный сход стружки. В конструкции станка заложены проверенные технические решения, обеспечивающие высокую производительность, точность обработки и долговечность.

- жесткая конструкция станка, мощность главного привода и широкий диапазон скорости главного шпинделя обеспечивают использование всех преимуществ, предоставляемых современным режущим инструментом при обработке заготовок из различных материалов.

- станина выполнена из высококачественного чугуна с заполнением внутренних полостей спец. бетоном, для увеличения жесткости и виброустойчивости. Накладные направляющие изготовлены из легированной стали и закалены в «кипящем слое» до твердости более 58 HRC.

- угол наклона суппорта – 30° от вертикали. Направляющие плоскости каретки и ползушки покрыты специальным износостойким полимерным

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 109  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

материалом, обеспечивающим низкий коэффициент трения и высокую долговечность направляющих.

-шпиндельная бабка выполнена по типу «шпиндель-блок», т.е. шпиндель установлен на опорах качения и не имеет блоков шестерен.

Передняя опора – 3 прецизионных радиально-упорных подшипника, расположенных в порядке «ТАНДЕМ-0», задняя опора – 2 радиально-упорных подшипника, смонтированных в порядке «0». Подшипники шпинделя заполнены консистентной смазкой и не требуют дополнительного ухода и смазки.

- передача вращения от электродвигателя главного движения на шпиндель передается посредством двухступенчатого редуктора и поликлиновой ременной передачи.

- привод упш (оси С) вращает гл. шпиндель через червячную передачу с передаточным отношением  $u=1:100$ . Зацепления и расцепления червяка с червячным колесом, установленным на шпинделе, производится по программе с помощью гидроцилиндра.

- задняя бабка имеет встроенный в пиноль вращающийся шпиндель.

Перемещение пиноли и регулирование усилия поджима осуществляются гидравликой. Для предотвращения возможных скачков давления пиноль оснащена механическим запирающим устройством.

Технические характеристики токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4 представлены в таблице 38.

Таблица 38- Характеристики токарного центра с ЧПУ модели САТ400С10Ф4

| 1  | 2                        |
|--|--------------------------|
| Диаметр обработки детали над суппортом       | 380 мм                   |
| Длина обработки                              | 600 мм                   |
| Скорость вращения основного шпинделя         | 0 - 4000 об/мин          |
| Скорость рабочих подач суппорта, по осям X/Z | 1...6000/1...6000 мм/мин |

Окончание таблицы 37

| 1   | 2                     |
|---|-----------------------|
| Диаметр центрального отверстия основного шпинделя | 55 мм                 |
| Мощность главного привода                         | 22 кВт                |
| Мощность привода вращающегося инструмента         | 3,7 кВт               |
| Дискретность задания перемещения                  | 1 мкм                 |
| Скорость вращения протившпинделя                  | 0 - 4000 об/мин       |
| Диаметр центрального отверстия протившпинделя     | 55 мм                 |
| Скорость вращения инструмента                     | 5000 об/мин           |
| Тип хвостовика по DIN69880                        | 40                    |
| Перемещение по оси X                              | 280 мм                |
| Перемещение по оси Z                              | 700 мм                |
| Количество инструментов в revolverной головке     | 12                    |
| Наибольшее сечение державки резца, мм             | 25x25                 |
| Система ЧПУ                                       | Siemens Sinumeric     |
| Масса станка                                      | 6300 кг               |
| Габаритные размеры станка, LxBxH                  | 3390 x 1890 x 1950 мм |

На рисунке 20 показан токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4.



Рисунок 20 – Токарный центр с ЧПУ модели САТ400С10Ф4



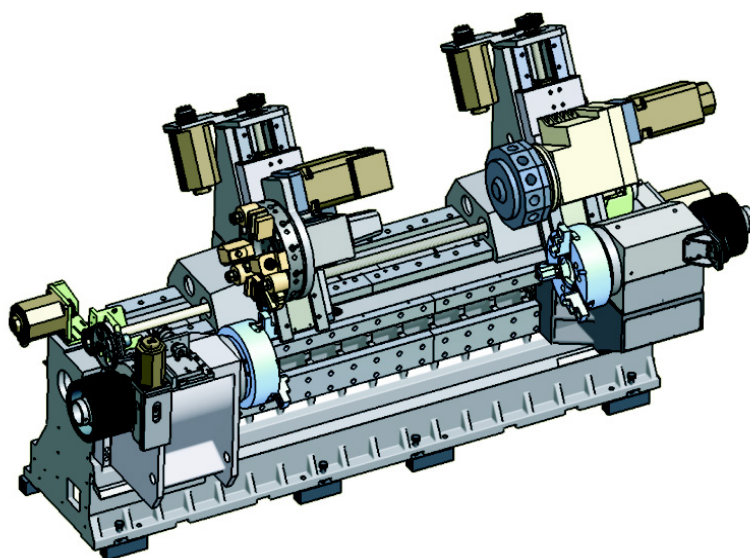


Рисунок 21 – Компоновка токарного центра модели SAT400C10Ф4  
(один из вариантов: с 2-мя револьверными головами)

#### Преимущества

**Высокая точность** обеспечивается применением высокоточных подшипников и направляющих качения с преднатягом. Конструкция с цилиндрическими роликами обеспечивает высокую нагрузочную способность, прочность, точность перемещения. **Направляющие качения позволяют обеспечить точность одностороннего позиционирования 2...4 мкм.**

**Высокая жёсткость** за счёт конструкции станины и других базовых узлов станка. Конструкция станка позволяет производить обработку деталей твёрдостью выше 48 HRC.

**Высокая надёжность** обеспечивается конструкцией механических узлов с минимальным количеством деталей и высоким качеством комплектующих изделий.

**Высокая ремонтопригодность.** В случае необходимости направляющие легко снимаются и меняются на новые.

**Низкие эксплуатационные расходы** за счёт использования в подшипниках и направляющих качения консистентной смазки,

обеспечивающей надлежащее состояние поверхностей в течение длительного времени.

А также

Несложное графическое программирование

Индикация символов для быстрой наладки

Разъем для подключения локальной сети в целях быстрого обмена данными

Быстрая загрузка системы управления

Интегрированная техника безопасности для простой и надежной наладки при открытом защитном кожухе

### **Закрепление новых знаний**

Вопросы:

1. Как отличаются токарные станки по конструкции?
2. Что является основной особенностью станка с программным управлением?
3. Что значит многоинструментальность станка с ЧПУ?
4. Как располагается ось шпинделя в токарных станках?
5. Как делятся токарные станки по своему назначению?
6. Из каких основных узлов состоит токарный станок с ЧПУ?
7. Назовите преимущества токарного центра модели CAT400C10Ф4.

### **5.7. Разработка методического обеспечения**

Для урока разработаем учебную презентацию, которая используется как средство информационной технологии обучения операторов обрабатывающих центров с ЧПУ.

Современные мультимедийные программные средства обладают большими возможностями в отображении информации,

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 113  |

значительно отличающимися от привычных, и оказывают непосредственное влияние на мотивацию обучаемых, скорость восприятия материала, утомляемость и, таким образом, на эффективность учебного процесса в целом.

Одним из типов мультимедийных продуктов, получивших наиболее широкое применение в образовательном процессе, является компьютерная презентация.

Компьютерная презентация, созданная в программной среде PowerPoint, представляет собой последовательность слайдов, содержащих мультимедийные объекты. Переход между слайдами осуществляется с помощью управляющих объектов (кнопок) или гиперссылок.

Несомненным достоинством компьютерной презентации в современном образовательном процессе являются:

- наглядность для слушателей;
- тезисность для выступающего.

Основной единицей электронной презентации в среде PowerPoint является слайд или кадр представления учебной информации, учитывающий эргономические требования визуального восприятия информации.

Выделяют следующие виды презентаций:

-статические: пользователь (ученик или студент) изучает информационный материал, размещенный на слайдах презентации, но не имеет возможность изменить содержимое слайдов (записать или отметить на слайде правильный ответ); последовательность просмотра слайдов проектируется разработчиком презентации в виде жесткой навигационной схемы и не может быть изменена в процессе работы;

-интерактивные: пользователь, помимо изучения информационных материалов, может изменить содержимое слайдов; навигационная схема интерактивной презентации является динамичной,

последовательность перехода между слайдами определяется действиями пользователя в процессе учебных заданий, размещенных на слайдах.

При подготовке мультимедийных презентаций учебного назначения необходимо учитывать:

- общедидактические принципы создания обучающих программ;
- требования, диктуемые психологическими особенностями восприятия информации с экрана;
- эргономические требования.

При создании мультимедийной презентации следует руководствоваться следующими принципами:

- в презентации не должно быть лишнего: каждый слайд должен представлять собой необходимое звено повествования и работать на общую идею электронного продукта;
- презентация должна быть краткой, доступной и композиционно целостной;
- продолжительность презентации со сценарием должна составлять не более 20-30 минут;
- презентация должна дополнять, иллюстрировать то, о чем идет речь на занятии, а не дублировать материал урока;

Гибкость - одна из основ успешной презентации. Необходимо быть готовым внести изменения по ходу презентации в ответ на реакцию обучающихся.

Наглядность материала повышает его усвоение, т. к. задействованы все каналы восприятия учащихся – зрительный, механический, слуховой и эмоциональный. Использование мультимедийных презентаций целесообразно на любом этапе изучения темы и на любом этапе урока.

Подача учебного материала в виде мультимедийной презентации сокращает время обучения, высвобождает ресурсы здоровья учащихся.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 115  |

Учеников привлекает новизна проведения таких моментов на уроке, вызывает интерес.

При использовании презентации на разработанном уроке в процессе объяснения новой темы достаточно линейной последовательности кадров, в которой могут быть показаны самые выигрышные моменты темы. На экране также появляются определения, схемы, которые учащиеся записывают в тетрадь (при наличии технических возможностей краткий конспект содержания презентации может быть распечатан для каждого учащегося), тогда как преподаватель, не тратя время на повторение, успевает рассказать больше.

В качестве **рекомендаций по применению мультимедийных презентаций** можно использовать методические рекомендации Д.В. Гудова, включающие следующие положения:

1. Слайды презентации должны содержать только основные моменты лекции (основные определения, схемы, анимационные и видеофрагменты, отражающие сущность изучаемых явлений),
2. общее количество слайдов не должно превышать 20 – 25,
3. не стоит перегружать слайды различными спецэффектами, иначе внимание обучаемых будет сосредоточено именно на них, а не на информационном наполнении слайда,
4. на уровень восприятия материала большое влияние оказывает цветовая гамма слайда, поэтому необходимо позаботиться о правильной расцветке презентации, чтобы слайд хорошо «читался», нужно чётко рассчитать время на показ того или иного слайда, чтобы презентация была дополнением к уроку, а не наоборот. Это гарантирует должное восприятие информации слушателями

#### **Основные правила подготовки учебной презентации:**

При создании мультимедийного пособия **не следует увлекаться и злоупотреблять внешней стороной презентации**, так как это

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 116  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

может снизить эффективность презентации в целом. Необходимо было найти правильный баланс между подаваемым материалом и сопровождающими его мультимедийными элементами, чтобы не снизить результативность преподаваемого материала. Также было решено, что при создании мультимедийных презентаций необходимо будет учитывать особенности восприятия учебной информации с экрана.

Одним из важных моментов является сохранение **единого стиля**, унифицированной структуры и формы представления учебного материала на всем уроке. Для правильного выбора стиля потребуется знать принципы эргономики, заключающие в себя наилучшие, проверенные на практике учителями методы использования тех или иных компонентов мультимедийной презентации. При создании мультимедийного пособия предполагается ограничиться использованием *двух или трех шрифтов*. Вся презентация должна выполняться в одной цветовой палитре, например на базе одного шаблона, также важно проверить презентацию на удобство её чтения с экрана.

**Тексты презентации не должны быть большими.** Выгоднее использовать сжатый, информационный стиль изложения материала. Нужно будет суметь вместить максимум информации в минимум слов, привлечь и удержать внимание обучаемых. Просто скопировать информацию с других носителей и разместить её в презентации уже недостаточно. После того как будет найдена «изюминка», можно приступать к разработке структуры презентации, строить навигационную схему, подбирать инструменты, которые в большей степени соответствуют замыслам и уровню урока.

При подготовке мультимедийных презентации возможно использование ресурсов сети Интернет, современных мультимедийных энциклопедий и электронных учебников. Удобным является тот факт, что мультимедийную презентацию можно будет дополнять новыми материалами, для её совершенствования, тем более что современные программные и

технические средства позволяют легко изменять содержание презентации и хранить большие объемы информации.

Использовать учебные презентации на уроках можно при:

- изучении нового материала,
- закреплении новой темы,
- проверки знаний.

Следует отметить тот факт, что систематическое использование **учебных презентаций** на занятиях приводит к целому ряду последствий:

1. происходит повышение уровня использования наглядности на уроке,
2. увеличивается производительность урока,
3. устанавливается прочная межпредметная связь с информатикой,
4. преподаватель, создающий и использующий мультимедийные учебные презентации, вынужден обращать огромное внимание на логику подачи учебного материала, что положительным образом сказывается на уровне знаний учащихся.

### **Заключение методического раздела.**

В настоящей выпускной квалификационной работе совершенствуется технологический процесс изготовления детали «Втулка водяного насоса». Внедрение станков с ЧПУ на ПАО «МЗиК» является одной из главных причин совершенствования технологического процесса. Изменяется тип и форма заготовки, применяется современное оборудование с числовым программным управлением, используется современный металлорежущий инструмент зарубежных фирм. Для обслуживания данного высокоавтоматизированного оборудования проходят переподготовку рабочие по профессии Станочник на профессию «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», поэтому в методической части проведен анализ Профессионального стандарта № 530н «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» и проведено педагогическое проектирование учебного процесса по теме «Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением». Занятия ведутся на базе "Регионального межотраслевого центра дополнительного профессионального образования" на базе ПАО "МЗиК", расположенного в г. Екатеринбурге по адресу ул. Космонавтов, 18.

В методической части выпускной квалификационной работы разработан перспективно-тематический план, выделено учебное занятие по теме «Конструктивные особенности и узлы токарных станков с программным управлением», разработан план учебного занятия и презентация в качестве методического обеспечения учебного занятия, как основное средство реализации компьютерной технологии.

Таким образом в методической части решены все задания педагогического проектирования, предусмотренные во введении.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 119  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в дипломном проекте был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Втулка водяного насоса» в условиях серийного производства.

В усовершенствованной технологии применяется современный высокопроизводительный токарный центр с программным управлением.

Это позволило сократить время механической обработки, уменьшить тяжесть труда привлеченных к обработке детали рабочих.

Также была разработана управляющая программа на комплексную операцию на ОЦ с ЧПУ.

В экономической части дипломного проекта были определены единовременные вложения, себестоимость обработки детали по проектному варианту. Согласно расчетам, экономический эффект составил 591,325 т. руб. в год.

В методической части проекта была разработана методика проведения урока теоретического обучения для повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 120  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бурцева Л.П. Методика профессионального обучения [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Л. П. Бурцева. - 3-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Флинта, 2016. - 156, [1] с. : табл. - (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/74589/#1>)
2. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А, Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.
3. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.
4. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
5. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
6. Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад. [Текст] //Наука и жизнь, 2010. № 4.
7. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В., Григорьев С.Н. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. Москва: Машиностроение, 2014. - 520 с. (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/63256/#1>)
8. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург, Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.
9. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 121  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

обработки детали». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008.34с.

10. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т.А. Козлова, Т.В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.

11. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.

12. Паршин М.А., Круглов Д.А. Переход России к шестому технологическому укладу: возможности и риски. [Электронный ресурс]. //Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5. (Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/33059>).

13. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием [Текст]: Справочник технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 526 с.

14. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств [Электронный ресурс] : учебник для вузов / [В. А. Тимирязев и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2014. - 378 с. (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/50682/#1>)

15. Сергиевский Л.В. Наладка и эксплуатация станков с устройствами ЧПУ. М.: Машиностроение, 2001. 240 с.

16. Сибикин М.Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование [Электронный ресурс] : справочник / М.Ю.Сибикин. Москва : Машиностроение, 2013. - 307 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 307 Экземпляры: всего:1 - ЭБС Лань(1). (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/37007/#1>)

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 122  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

17. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.1-656 с., ил.

18. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.

19. Станки с числовым программным управлением /Под ред. В.А.Лещенко. М.: Машиностроение, 2008. 568 с.

20. Сысоев С.К., Сысоев А.С., Левко В.А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. Учеб. для вузов. М.: Лань, 2011. – 352 с. (Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=711](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=711))

21. Техничко-экономическис расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. –сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.

22. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроительного производства [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 446 с. (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/3722/#1>).

23. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов и вузов. -К.: ИД "Профессионал", 2004. -304 с.

24. Электронный каталог «Pramet», Токарная обработка, 2014 г.

25. Электронный каталог «Pramet», Сверление, 2014 г.

26. Электронный каталог «Dormer», Метчики, 2016 г.

27. Электронное руководство по эксплуатации Fanuc для системы многоцелевого станка.

28. <http://www.splav.kharkov.com>

29. <http://stankoprom.ru/catalog/turning/SAT400>

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 123  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

30. <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/>
31. <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833>.
32. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 124  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Комплект слайдов к методическому разделу

Тема урока:  
Конструктивные особенности и  
узлы токарных станков  
с программным управлением



1



Горизонтальное расположение  
оси шпинделя и направляющих



Вертикальное расположение  
оси шпинделя и направляющих



Наклонное расположение  
направляющих

Горизонтальное расположение  
оси шпинделя

2

ОСНОВНОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ СТАНКА С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ **АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДВИЖЕНИЙ ПО ДВУМ КООРДИНАТАМ.**

СТАНКАМ С БОЛЕЕ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИСУЩИ ДРУГИЕ ОСОБЕННОСТИ:

- **МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОСТЬ,**
- **АВТОМАТИЗАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ, КОМАНД И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ,**
- **НАЛИЧИЕ КОРРЕКТОРОВ ПОЛОЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ**
- **АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ.**

3

МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОСТЬ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ОСНАЩЕНИИ СТАНКА РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКОЙ ИЛИ МАГАЗИНОМ ИНСТРУМЕНТОВ.



4

КОРРЕКЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ — СМЕЩЕНИЕ СУППОРТА НЕЗАВИСИМО ПО КАЖДОЙ ИЗ ОСЕЙ — ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ НА ПУЛЬТЕ СТАНКА ИЛИ СИСТЕМЫ ЧПУ.



ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ  
С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ  
РАСПОЛОЖЕНИЕМ ОСИ  
ШПИНДЕЛЯ



Токарный центр модели CTX beta 500 группы компаний DMG и MORI SEIKI



Циклический токарный станок с ЧПУ C560C



Токарный станок с ЧПУ Style High Tech

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ДП 44.03.04.570.ПЗ



## ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕ ОСИ ШПИНДЕЛЯ



Вертикальный токарный  
станок с ЧПУ KDL850.



VDL 800 CNC -Вертикальный токарный  
станок с ЧПУ.

## Токарный патронный станок

### ЦЕНТРОВОЙ ТОКАРНЫЙ СТАНОК



### Токарный патронно- центральной станок



ЦЕНТРОВЫЕ СТАНКИ С  
ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ  
ШПИНДЕЛЯ МОГУТ БЫТЬ:

- С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ  
НАПРАВЛЯЮЩИМИ
- С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ  
(НАКЛОННЫМИ) НАПРАВЛЯЮЩИМИ



ТОКАРНЫЙ СТАНОК С ЧПУ ЛЮБОЙ КОМПОНОВКИ И ЛЮБОГО НАЗНАЧЕНИЯ СОСТОИТ ИЗ  
СЛЕДУЮЩИХ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ И СИСТЕМ:

- СТАНИНЫ,
- ГЛАВНОГО ПРИВОДА,
- ДВУХ ПРИВОДОВ ПОДАЧ,
- СУППОРТА,
- РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКИ ИЛИ МАГАЗИНА ИНСТРУМЕНТОВ,
- СИСТЕМЫ СМАЗКИ,
- СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ,
- СИСТЕМЫ ЧПУ,
- ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ,
- ГИДРООБОРУДОВАНИЯ (ДЛЯ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ СТАНКОВ),
- ЗАДНЕЙ БАБКИ (ДЛЯ ЦЕНТРОВЫХ СТАНКОВ),
- ОГРАЖДЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ,
- УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ,

10

## ТОКАРНЫЙ ЦЕНТР С ЧПУ МОДЕЛИ CAT400C10Ф4



11

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ НОВЫХ ЗНАНИЙ

### • ВОПРОСЫ:

1. КАК ОТЛИЧАЮТСЯ ТОКАРНЫЕ СТАНКИ ПО КОНСТРУКЦИИ?
2. ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ОСНОВНОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ СТАНКА С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ?
3. ЧТО ЗНАЧИТ МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОСТЬ СТАНКА С ЧПУ?
4. КАК РАСПОЛАГАЕТСЯ Ось ШПИНДЕЛЯ В ТОКАРНЫХ СТАНКАХ?
5. КАК ДЕЛЯТСЯ ТОКАРНЫЕ СТАНКИ ПО СВОЕМУ НАЗНАЧЕНИЮ?
6. ИЗ КАКИХ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СОСТОИТ ТОКАРНЫЙ СТАНОК С ЧПУ?
7. НАЗОВИТЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ТОКАРНОГО ЦЕНТРА МОДЕЛИ CAT400C10Ф4.

12

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 132  |

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- СЕРГИЕВСКИЙ Л. В. НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНКОВ С УСТРОЙСТВАМИ ЧПУ. М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 2001. 240 с.
- СТАНКИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ /Под ред., В. А. ЛЕЩЕНКО. М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 2008. 568 с.
- ХАРЧЕНКО А.О. СТАНКИ С ЧПУ И ОБОРУДОВАНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ. – К.: ИД «ПРОФЕССИОНАЛ», 2004. – 304 с.

13

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.570.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 133  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Перечень листов графических документов

| Наименование документа                           | Обозначение документа | Формат | Кол-во листов | Примечание |
|--|-----------------------|--------|---------------|------------|
| 1. Втулка водяного насоса                        | ДП 44.03.04.570.01    | A1     | 1             |            |
| 2. Втулка водяного насоса<br>Штамповка           | ДП 44.03.04.570.02    | A1     | 1             |            |
| 3. Иллюстрация техпроцесса                       | ДП 44.03.04.570.Д01   | A1     | 1             |            |
| 4. Иллюстрация техпроцесса                       | ДП 44.03.04.570.Д02   | A1     | 1             |            |
| 5. Иллюстрация техпроцесса                       | ДП 44.03.04.570.Д03   | A1     | 1             |            |
| 6. Управляющая программа на опер. 005 (фрагмент) | ДП 44.03.04.570.Д04   | A2     | 1             |            |

